

Actas del Sexto Congreso Nacional de

Historia de la construcción

Valencia, 21–24 de octubre de 2009

Volumen I

Instituto Juan de Herrera
Escuela Técnica Superior
de Arquitectura de Madrid

Textos sobre Teoría e Historia de las Construcciones
Colección dirigida por Santiago Huerta

M. Arenillas, C. Segura, F. Bueno, S. Huerta (Eds.). **Actas del Quinto Congreso Nacional de Historia de la Construcción**

F. Bores, J. Fernández Salas, S. Huerta, E. Rabasa (Eds.). **Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción**

A. Casas, S. Huerta, E. Rabasa (Eds.). **Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción**

A. Choisy. ~~**El arte de construir en Roma**~~

A. Choisy. **El arte de construir en Bizancio**

A. Choisy. **El arte de construir en Egipto**

A. Choisy. **Historia de la arquitectura** (en preparación)

J. Girón y S. Huerta (Eds.). **Auguste Choisy (1841–1909). L'architecture et l'art de bâtir**

A. Graciani, S. Huerta, E. Rabasa, M. A. Tabales (Eds.). **Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la Construcción**

R. Guastavino. **Escritos sobre la construcción cohesiva y su función en la arquitectura**

J. Heyman. **Análisis de estructuras: un estudio histórico**

J. Heyman. **El esqueleto de piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica**

J. Heyman. **La ciencia de las estructuras**

J. Heyman. **Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica**

J. Heyman. **Vigas y pórticos**

S. Huerta. **Arcos, bóvedas y cúpulas**

S. Huerta (Ed.). **Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción**

S. Huerta, R. Marín, R. Soler y A. Zaragozá (Eds.). **Actas del Sexto Congreso Nacional de Historia de la Construcción**

S. Huerta (Ed.). **Las bóvedas de Guastavino en América**

S. Huerta (Ed.). **Essays in the History of the Theory of Structures**

S. Huerta (Ed.). **Proceedings of the First International Congress on Construction History**

J. Monasterio. **Nueva teórica sobre el empuje de las bóvedas** (en preparación)

J. R. Perronet. **La construcción de puentes en el siglo XVIII**

H. Straub. **Historia de la ingeniería de la construcción** (en preparación)

H. Thunnissen. **Bóvedas: su construcción y empleo en la arquitectura** (en preparación)

A. Truñó. **Construcción de bóvedas tabicadas**

G. G. Ungewitter y K. Mohrmann. **Manual de construcción gótica: bóvedas y estribos** (en preparación)

E. Viollet-le-Duc. **La construcción medieval**

R. Willis. **Geometría y construcción de las bóvedas medievales** (en preparación)

Actas del Sexto Congreso Nacional de

Historia de la Construcción

SEXTO CONGRESO NACIONAL DE HISTORIA DE LA CONSTRUCCIÓN. Valencia, 21–24 octubre de 2009

Organizado por:

Universidad Politécnica de Valencia
Sociedad Española de Historia de la Construcción
Instituto Juan de Herrera
Diputación de Valencia
Colegio Territorial de Arquitectos de Valencia
Colegio Oficial de Aparejadores, Arquitectos Técnicos e Ingenieros de Edificación de Valencia
Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Comunidad Valenciana
Consellería de Infraestructura y Transportes. Generalitat Valenciana
Consellería de Cultura y Deporte. Generalitat Valenciana
Consellería de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda. Generalitat Valenciana

Empresas colaboradoras:

Cátedra Bancaja Hábitat (ETSAV); CYRESPA Arquitectónico S.L.; INTERSA - Infraestructuras Terrestres S.A.; SECOPSA - Servicios y Contratas Prieto S.A.

Presidente: Santiago Huerta

Directores: Rafael Soler Verdú y Arturo Zaragozá Catalán

Secretario: Rafael Marín Sánchez

Comité Organizador

Coordinador: Arturo Martínez Boquera
Victoria Bonet Solves
Santiago Huerta
Rafael Marín Sánchez
Amparo Tarín Martínez
Santiago Tormo Esteve
Rafael Soler Verdú
Arturo Zaragozá Catalán

Comité Científico

Inmaculada Aguilar Civera
Adolfo Alonso Durá
Antonio Almagro Gorbea
Ricardo Aroca Hernández-Ros
Miguel Arenillas Parra
Joaquín Bérchez Gómez
Francisco Bueno Hernández
José Calvo López
Antonio de las Casas Gómez
Rafael Cortés Gimeno
Joan Domenge Mesquida
Manuel Durán Fuentes
Julián Esteban Chapapría
Javier Girón Sierra
Mercedes Gómez-Ferrer Lozano
José Luis González Moreno-Navarro
Amparo Graciani García
Santiago Huerta
Julián Magro Moro
Rafael Marín Sánchez
Rosario Martínez Vázquez de Parga
Javier Muñoz Álvarez
Liliana Palaia Pérez
Enrique Rabasa Díaz
Cristina Segura Graíño
Amadeo Serra Desfilis
Rafael Soler Verdú
Miguel Taín Guzmán
Fernando Vegas López-Manzanares
Fernando Vela Cossío
Luis de Villanueva Domínguez
Arturo Zaragozá Catalán

Actas del Sexto Congreso Nacional de

Historia de la Construcción

Valencia, 21 – 24 de octubre de 2009

Edición a cargo de
Santiago Huerta
Rafael Marín
Rafael Soler
Arturo Zaragozá

Volumen I









CTAV COLEGIO TERRITORIAL DE ARQUITECTOS DE VALENCIA





Sociedad Española de
Historia de la
Construcción

Han colaborado en la edición de estas Actas:
Ignacio Gil Crespo
Paula Fuentes González
Ana María Hernández Fenollosa

ISBN: 978-84-9728-317-5 (Obra completa); ISBN: 978-84-9728-315-1 (Vol. I)
Depósito Legal: M-42.955-2009
Portada: Sección constructiva de la iglesia de St. Urbain de Troyes. Dibujo de M. P. Lorain, *Le Moniteur des Architectes*, 1873.
Fotocomposición e impresión:
EFCA, S. A. Parque Industrial «Las Monjas»
28850 Torrejón de Ardoz (Madrid)

Índice

Historia de la Construcción: la fundación de una disciplina

Santiago Huerta

En los dos últimos decenios la Historia de la Construcción ha empezado a conformarse como una disciplina independiente. Por un lado, el número de artículos, tesis y libros que podrían ser adscritos a este campo ha crecido de manera exponencial. Por otro, se han celebrado con notable éxito siete congresos nacionales (seis en España y uno en Francia) y tres congresos internacionales. No obstante, la situación dista mucho de ser la que corresponde a una disciplina ya reconocida, como por ejemplo la Historia del Arte o la Historia de la Ciencia. No hay todavía departamentos ni cátedras universitarias y en las bases de datos de referencia no aparece como un descriptor común. Esto último no es sorprendente; refleja la inercia del mundo académico a aceptar nuevas disciplinas. El mayor peligro en la fase de formación de una disciplina es que ésta se malogre; que la Historia de la Construcción, debido a su éxito, sea utilizada para otros fines, se diluya, y finalmente pierda relevancia quedando relegada a un lugar secundario, en el mejor de los casos, de ciencia auxiliar. Así ha ocurrido, por ejemplo, con la Historia de la Técnica tras un período muy prometedor en los decenios de 1960 y 1970 (véase, por ej., Hall 2000).

En lo que sigue discutiré la situación actual de la disciplina. En primer lugar, intentaré definir con la menor ambigüedad posible su campo y sus objetivos, e identificaré alguno de los peligros que hoy la acechan. Después, realizaré una breve revisión histórica de sus orígenes hasta la actualidad. En tercer lugar, discutiré el problema de cómo enseñar la Historia de la Construcción. Finalmente, enumeraré las acciones que deberían acometerse para consolidar en el próximo decenio, de manera definitiva, esta disciplina.

¿Qué es la Historia de la Construcción?

La Historia de la Construcción es el estudio cronológico de las técnicas aplicadas a la construcción de obras de arquitectura e ingeniería civil. Hay dos aspectos: la *historia* y la *construcción*. Es el segundo el principal, el que define el campo de estudio. El diccionario de María Moliner define construir, en la acepción que nos interesa, como «hacer una cosa juntando los elementos necesarios». La definición puede parecer trivial y, sin embargo, contiene los elementos esenciales. La construcción va dirigida a un fin práctico: se construye una casa, una iglesia, un puente, una presa, etc. La buena construcción es, pues, un «arte» (del latín *ars*, «habilidad talento»; en el M. M., «manera como se hace o debe hacerse una cosa»): el arte de construir, de juntar los elementos necesarios al fin que se persigue, esto es, erigir una construcción útil, duradera y bella. En las distintas épocas, los distintos pueblos han dado respuestas diferentes a la manera de hacer construcciones. Han variado los materiales, los conocimientos, las condiciones sociales y las ideas. Antes de una construcción debe haber un proyecto. El constructor nunca se ha aventurado a empezar una obra sin una planificación previa. De nuevo, el diccionario de M. M. nos

da una definición iluminadora: «Proyecto. Idea de algo que se quiere hacer y de *cómo hacerlo*» (la cursiva es mía). La construcción es el *cómo hacerlo*: este es el centro de nuestra disciplina. La idea, el por qué se quiere hacer ese algo, forma parte de otras disciplinas (la historia del arte o de la arquitectura; en último término, la historia de las ideas).

La Historia de la Construcción no entra, pues, en competencia con otras disciplinas ya consolidadas como la historia del arte y de la arquitectura, o la arqueología. El historiador de la arquitectura se preocupa más por las ideas del proyecto y cómo se plasman en formas. El arqueólogo reúne minuciosamente los datos que después podrán ser interpretados en un contexto más amplio. Por supuesto, muchas otras disciplinas participan del estudio de la actividad constructiva. La construcción está de tal manera trabada con la estructura social que es imposible separarla de ésta sin mutilarla; la sociología, la historia económica, la antropología, etc., aportan datos que pueden, en su caso, ser claves. Pero el núcleo es la técnica, el arte de construir, y su desarrollo a lo largo de la historia. Este carácter no puede obviarse ni perderse vista, pues se corre el riesgo de la desintegración de la propia disciplina.

Una disciplina que nace es muy vulnerable. Carece de una estructura que la proteja. Por otra parte, es un campo muy atractivo para los miembros de otras disciplinas que ven en ella un campo virgen, lleno de posibilidades, y, también hay que decirlo, donde hay muchas menos trabas para publicar. Cuando una disciplina nace el nivel de exigencia es necesariamente bajo: se sabe poco y se carece de una organización de los conocimientos que facilite la revisión y la crítica. George Sarton (1884–1956), que tuvo un papel decisivo en la formación de la Historia de la Ciencia (Garfield 1992), advertía ya de los peligros a que está expuesta una disciplina que nace. Comentaremos en lo que sigue algunos de ellos (Sarton 1952).

El primero es que no se pide nada, o casi nada, para impartir una clase o conferencia sobre Historia de la Construcción. Para disertar sobre la pintura de Miguel Ángel en una universidad hay que ser un académico o un profesor de historia del arte de reconocido prestigio; en la misma universidad, la tarea de impartir una conferencia de Historia de la Construcción se encomienda hoy a cualquiera profesor que haya manifestado alguna vez algo más que un interés difuso por la disciplina. En los años 1940, Sarton se lamentaba de este tipo de situaciones, treinta años después de la publicación de la primera revista de Historia de la Ciencia (*Isis*, vol. 1, 1913) y cuando ya había algunas cátedras reconocidas. Sarton describe la misma situación en el contexto de la Historia del Arte y de la Historia de la Religión hacia finales del siglo XIX.

El segundo gran peligro de una disciplina naciente es el «amateurismo». En los inicios los primeros investigadores son, necesariamente, amateurs llenos de entusiasmo. Pero este entusiasmo inicial puede tener un efecto negativo si no se modera. Para explicarlo Sarton citaba una frase de Voltaire: «¡Señor, líbrame de mis amigos; de mis enemigos ya me encargaré yo!». Hay un buen número de entusiastas de la Historia de la Construcción que, sin embargo, consideran que no es preciso estudiarla. Su amor genuino por la disciplina hace que acepten sin crítica cualquier contribución nueva que aparece; su ignorancia de lo publicado les hace creer que cualquier ocurrencia supone un avance en el conocimiento.

Otro malentendido consiste en considerar como Historia de la Construcción cualquier historia particular sobre alguna de las actividades que intervienen en ella. Las historias particulares preceden siempre a la historia general de la disciplina. Antes de empezar a crearse la Historia de la Ciencia, se habían publicado libros de historia de la Química, de la Física, de las Matemáticas, etc. Por otra parte, muchos manuales comenzaban con una introducción histórica. Citando de nuevo a Sarton (1952): «La Historia de la Ciencia es mucho más que la yuxtaposición de todas las historias de las ciencias particulares, puesto que su principal función es explicar la interrelación entre todas ellas». Lo mismo puede decirse sobre la Historia de la Construcción. La simple suma de los conocimientos aportados sobre la historia de la carpintería, de la estereotomía, del dibujo y la traza, de la geometría práctica, de los medios de elevación, etc., no conduce a la comprensión del complejo procedimiento de proyectar y construir una simple bóveda. La función principal de la Historia de la Construcción es, precisamente, exponer la relación entre todas esas actividades. Así como para dibujar hay que moverse para captar distintas vistas del objeto y entender su forma, el Historiador de la Construcción no puede permanecer en un punto quieto, sin correr el riesgo de adquirir una visión distorsionada del objeto de estudio.

Finalmente, la Historia de la Construcción no es una ciencia auxiliar al servicio de la Restauración del Patrimonio. Si bien es cierto que existe una relación entre ambas disciplinas, los objetivos son distintos: el historiador de la construcción estudia el edificio en cuestión con vistas a ampliar su conocimiento general sobre las técnicas de construcción; el restaurador quiere realizar la intervención más adecuada, y las cuestiones generales sobre la historia de la construcción, son simplemente una información más entre las muchas que debe tener en cuenta al redactar su proyecto. La historia de la construcción es una disciplina por derecho propio y, como tal, tiene interés per se, y no en función de su utilidad. Por supuesto, no parece sensato intervenir en algo (sea un edificio, el motor de un coche o un reloj) sin conocer bien su funcionamiento y el avance de la historia de la construcción se deberá traducir en una mejora en la restauración de monumentos.

Breve resumen del desarrollo de la Historia de la Construcción

El interés por las técnicas de construcción de épocas anteriores no es nuevo. Vitruvio cita en su tratado fuentes griegas, y en el Renacimiento, Brunelleschi realizó un detenido estudio de las ruinas romanas. Quizá su atención se centró más en los órdenes y las proporciones, pero Vasari es explícito en cuanto al interés de Brunelleschi por la construcción (Murray 1972). Alberti, al describir la construcción de muros está explicando en buena parte la construcción romana, con sus cadenas de ladrillo embebidas en la fábrica. Por otra parte, la interpretación correcta del texto de Vitruvio precisa de un estudio de las ruinas. Esto no se hizo en las primeras ediciones, pero ya aparece en el tratado de Rusconi (1660) en cuyos dibujos se muestra con claridad, por primera vez, la estructura estratificada del hormigón romano. No se trata de una copia del natural, son dibujos analíticos que hacen visible la estructura interna de la fábrica.

Los primeros estudios técnicos se realizaron a mediados del siglo XVIII. Ziegler y Winckelmann, por ejemplo, mostraron su interés por la la resistencia de los morteros de la antigüedad (Giedion 1971). Pero es Piranesi quien, a través de sus dibujos, demuestra haber realizado un estudio profundo de la construcción. Por supuesto, en sus láminas hay una mezcla de documentación e invención, pero la invención, la formulación de hipótesis, las equivocaciones, son inevitables, forman parte esencial de la elaboración de cualquier teoría (Popper 1962). A principios del siglo XIX, el tratado monumental de Rondelet (1802–1810) refleja ya la consolidación del interés por la construcción de épocas anteriores, con mayor énfasis, pero no exclusivo, en la antigüedad greco-romana. Al lado de monografías sobre los grandes monumentos del pasado clásico (el Panteón de Roma, San Vitale de Rávena, Santa Maria del Fiore de Florencia, San Pedro de Roma) se incluyen planos y se realizan comparaciones con edificios góticos.

Pero, curiosamente, no es en el ámbito de la arquitectura clásica donde nacen los primeros estudios rigurosos. Éstos surgen en el contexto del nacimiento del interés por la arquitectura gótica en la primera mitad del siglo XIX (quizá la ausencia de estudios previos o documentos originales dio mayor libertad a los estudiosos). Robert Willis fue el primero en realizar un estudio científico y riguroso de la construcción gótica. Su memoria sobre la construcción y geometría de las bóvedas góticas, publicada en 1842, todavía no ha sido superada y mostró el camino a seguir; por otra parte, sus «architectural notes» de las catedrales inglesas (de las que escribió cerca de una veintena) constituyen un modelo en su género. En Francia, en el mismo decenio, E.-E. Viollet-le-Duc comenzaba su estudio enciclopédico sobre la construcción gótica que culminó en los diez volúmenes de su *Dictionnaire* (1854–1868); esta obra contribuyó de manera extraordianaria a difundir los nuevos estudios sobre la construcción gótica. En Alemania, G.-G. Ungewitter (1859) realizó una tarea similar, con el objetivo de producir un auténtico manual de construcción gótica para uso de los arquitectos.

Sin embargo, las obras citadas eran estudios particulares y no pretendían realizar una explicación general de la construcción del pasado. Fue el ingeniero francés Auguste Choisy quien se propuso esa meta y a ella dedicó su vida. El primer párrafo de su primer libro sobre la construcción romana (1873) es elocuente: «Les édifices de l'antiquité ont été bien de fois décrits au point de vue de l'architecture, mais les détails de leur construction sont encore très-vaguement connus». Este libro fue seguido por otros sobre la construcción en Bizancio (1883), la construcción griega en base a estudios epigráficos (1884) y la construcción en Egipto (1904). Su monumental *His-*

toire de l'architecture (1899) trata la arquitectura en su conjunto, pero con un énfasis en la construcción y en la racionalidad constructiva de la evolución de las formas. Finalmente en su *Vitruve* (1909), junto a una cuidadosa edición del texto original latino, reordenó su contenido realizando un índice nuevo, en base a la lógica de la construcción y acompañando este texto analítico de láminas explicativas realizadas con un cuidado extraordinario. Así, pues, Auguste Choisy puede ser considerado, con toda justicia, como el padre de la Historia de la Construcción. Sin embargo, en contraste con Viollet-le-Duc, su obra sufre hoy un injusto olvido (Girón y Huerta 2009).

Otros autores siguieron el enfoque de Willis, Viollet-le-Duc y Choisy. En centroeuropa fue fundamental el trabajo del arquitecto alemán Josef Durm que escribió excelentes monografías sobre la construcción griega, romana y del Renacimiento (1881, 1885 y 1905 respectivamente, y ediciones sucesivas). En 1890 Mohrmann publicó una extensa revisión del manual de construcción gótica de Ungewitter, empleando por primera vez el análisis estructural como parte del método de estudio. Las adiciones de Mohrmann forman, todavía hoy, el análisis estructural más completo de la arquitectura gótica; su enfoque del equilibrio, principalmente a través de métodos gráficos, ha sido validado por la moderna teoría de estructuras (Heyman 1966, 1995). A comienzos del siglo XX numerosos manuales de construcción incluían descripciones de edificios históricos y explicaciones de los métodos constructivos del pasado (por ej. Warth 1903, Esselborn 1913–1920).

El interés por la Historia de la Construcción desparece bruscamente con la llegada del movimiento moderno en arquitectura a comienzos del siglo XX. No se trataba en este caso de un mero cambio de estilo: los materiales y todo el proceso de construcción sufrieron una transformación completa. Por supuesto, hubo una cierta inercia, y se publicaron todavía algunos libros (por ej. Hess 1943, Straub 1949, Thunnissen 1950), pero es un hecho que, en apenas una generación, toda una tradición constructiva desapareció dejando la vía completamente libre a los nuevos materiales (hierro forjado, acero, hormigón armado) y a las nuevas formas estructurales (estructuras trianguladas de barras, pórticos, cáscaras delgadas, etc.). En los años 1950 se detecta un renacimiento del interés por la historia de la construcción de la mano del trabajo, principalmente, de arqueólogos. Los libros de Blake (1947, 1950, 1973) y Lugli (1957) sobre la construcción romana marcaron un cambio crucial que, de una manera menos evidente, se estaba manifestando ya con la publicación de estudios especializados en revistas. La conciencia de la necesidad de considerar los aspectos constructivos en la historia de la arquitectura se fue haciendo más y más evidente (Maass 1969).

La Historia de la Construcción empezó a ser considerada una disciplina independiente en los años 1980 (Atkinson 1984). En Inglaterra se fundó en 1985 la Construction History Society que publica desde entonces la revista *Construction History Journal*, todavía hoy la única revista en este campo. En los EE.UU. también hubo interés y dentro de la Society of the History of Technology se creó un grupo de interés el Building Technology and Civil Engineering Interest Group, que publicó un boletín, *The Flying Buttress,* hasta que el grupo se disolvió a finales de los años 1990. En Alemania hubo varias iniciativas en los años 1980–90. Por una parte se creó un grupo de investigación sobre historia de la construcción dirigido por Rainer Graefe que organizó cinco seminarios cuyas actas fueron publicadas por la Universidad de Stuttgart. Por otra parte, E. Schunck publicó en la Universidad de Munich una serie de doce volúmenes de «Contribuciones sobre la historia de la construcción y la ingeniería» entre 1990 y 2002; cada volumen contenía una media de cinco artículos.

En España se funda la Sociedad Española de Historia de la Construcción (SEdHC) en 1997 y, hasta el momento, se han organizado seis congresos nacionales (Madrid 1996, Coruña 1998, Sevilla 2000, Cádiz 2005, Burgos 2007 y Valencia 2009). La asociación contó desde sus inicios con el apoyo del Instituto Juan de Herrera (presidido por Ricardo Aroca) y del CEHOPU (hasta 2001, mientras fue gerente Antonio de las Casas; después, lamentablemente, de forma esporádica). La fundación de la SEdHC y la organización de Congresos discurrieron en paralelo con una ambiciosa línea editorial de «Textos sobre teoría e historia de las construcciones», dirigida por el autor, editados por el Instituto Juan de Herrera. Desde un principio fue un objetivo de la SEdHC la organización de un Congreso Internacional de la disciplina. En 2003 la SEdHC organizó en Madrid el Primer Congreso Internacional de Historia de la Construcción, en colaboración con la Associazione Edoardo Benvenuto y otras instituciones. Desde entonces se han celebrado dos congresos internacionales más:

Cambridge (2006) y Cottbus (2009); en París se celebró en 2008 el primer congreso francófono de historia de la construcción (Cache et al. 2009). Está previsto celebrar el Cuarto Congreso Internacional en París en 2012.

La enseñanza de la Historia de la Construcción

La enseñanza de una nueva disciplina siempre presenta problemas. Por un lado, la información disponible para el profesor es irregular y dispersa, faltando el aparato crítico de referencia necesario para preparar adecuadamente las clases (manuales, bibliografías, guías de referencia, etc.).

La siguiente cuestión afecta a la selección del profesorado. ¿Qué requisitos debe cumplir un profesor de historia de la construcción? Desde luego debe poseer una formación técnica; sin ella, difícilmente podrá interpretar y entender las distintas fuentes para luego explicarlas a los alumnos. No es preciso que sea un especialista en un campo concreto.

En tercer lugar es importante la definición del programa, que debe tener la intención de cubrir de forma cronológica un campo de estudio suficientemente amplio. Como se ha dicho, la Historia de la Construcción es mucho más que la suma de las historias particulares. Así, aunque esto implique un considerable trabajo, el profesor de historia de la construcción deberá necesariamente entrar en campos que pueden no coincidir con su campo de especialización. De la misma manera que un profesor de historia del arte cubrirá desde la Antigüedad al Renacimiento en un semestre estándar, aunque quizá esté especializado en pintura impresionista, el profesor de historia de la construcción deberá intentar cubrir un espacio de tiempo y un suficiente número de aspectos constructivos como para permitir una comprensión general de los problemas. Si se estudian períodos concretos o actividades particulares esto se debería reflejar en el título de la asignatura correspondiente: se entiende que si el título es «Historia del arte» el alumno no debe encontrarse con un curso cuyo contenido real sea «la pintura Renacentista».

Finalmente, una asignatura no es una suma de clases independientes impartidas por profesores distintos. La dificultad de la tarea hace casi irresistible la tentación de trocear el campo en el mismo número de clases que profesores disponibles. Hay que insistir en que esto constituye un gran peligro pues trivializa y reduce el nivel de exigencia necesario a cualquier disciplina de rango universitario.

Lo anterior se refiere a los estudios de grado universitario. Por supuesto, los estudios de posgrado y doctorado han de ser necesariamente específicos. El objeto del trabajo es realizar una investigación original. Para ello, el investigador debe conocer perfectamente lo publicado en el restringido campo elegido. Resulta esencial conocer las técnicas de búsqueda de información y desarrollar un instinto para localizar las fuentes más relevantes. Esto es particularmente difícil dentro del campo de la Historia de la Construcción y el profesor deberá, tanto en los cursos de grado como en los de posgrado, introducir al alumno en el intrincado mundo de las fuentes documentales.

Conclusiones

La Historia de la Construcción es una disciplina por derecho propio pues sirve para explicar y comprender una de las actividades humanas más antiguas, la construcción. La atención que despierta este campo, el número creciente de publicaciones, la actividad demostrada en Congresos, etc., debería hacernos optimistas sobre su futuro. Sin embargo, este futuro prometedor sólo será una realidad si se trabaja con una conciencia plena de su dificultad.

La primera tarea será conseguir un rango universitario pleno, con asignaturas troncales, profesores a tiempo completo, investigadores, departamentos e institutos de investigación. Se han discutido muy someramente las dificultades en cuanto a la definición de programas y selección del profesorado. Una enseñanza rigurosa formará futuras generaciones; algunos, quizá, quieran seguir este camino.

La segunda tarea es formar el aparato crítico de bibliografías, ediciones críticas, estudios de detalle, guías de referencia, etc., que permita situarse con cierta facilidad en este campo. Esto mejorará la comprensión y, sobre todo, eliminará errores y evitará repeticiones.

Finalmente, es preciso realizar un trabajo considerable de rigurosa investigación original. Esto es más difícil en una disciplina naciente; sin embargo, para cualquier investigador genuino la situación es hoy

apasionante. Hay mucho campo por explorar, mucho por descubrir. La investigación auténtica es muy trabajosa en el mundo universitario actual. Las dificultades para una disciplina en formación son casi insuperables, cuando se exige arbitrariamente un «impacto» inmediato de lo publicado, cuando la carrera académica se ha convertido en una carrera de obstáculos. No obstante, creo que puede y debe hacerse.

Lista de referencias

Congresos

Congresos Nacionales. España

Casas, A.; S. Huerta y E. Rabasa (eds.). 1996. *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Madrid, 19–21 septiembre de 1996*. Madrid: Inst. Juan de Herrera, CEHOPU.

Bores, F., J. Fernández Salas; S. Huerta y E. Rabasa (eds.). 1998. *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción, A Coruña, 22–24 octubre de 1998*. Madrid: Inst. Juan de Herrera, CEHOPU.

Graciani, A., S. Huerta, E. Rabasa y M. A. Tabales (eds.). 2000. *Actas del Tercer Congreso Nacional Historia de la Construcción, Sevilla, 26–28 de octubre de 2000*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU.

Huerta, S. (ed.). 2005. *Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Cádiz, 27–29 enero de 2005*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, COA y COAAT de Cádiz.

Arenillas, M.; C. Segura; F. Bueno y S. Huerta, (eds.). *Actas del del Quinto Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Burgos 7–9 junio de 2007)*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU.

Congresos Nacionales. Francia

Cache, B., V. Nègre y J. Sakarovitch (eds.). 2009. *Actes du premier congrès francophone d'histoire de la construction, Paris 19, 20 et 21 juin 2008*. Paris: Picard (en prensa).

Congresos Internacionales

Huerta, S. (ed.). 2003. *Proceedings of the First International Congress on Construction History. Madrid 20th–24th January 2003*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Dunkeld, M. et al. (eds.). 2006. *Proceedings of the Second International Congress on Construction History, 29th March- 2nd April 2006, Queen's College, Cambridge*. London: Construction History Society.

Kurrer, K.-E. et al. (eds.). 2009. *Proceedings of the Third International Congress on Construction History, 20th – 24th May 2009*. Cottbus: Brandenburg University of Technology.

Obras citadas

Atkinson, G. 1984. «Future for the past». *Building*. 247: 51–53.

Choisy, A. 1873. *L'art de bâtir chez les Romans*. Paris. Trad. esp. 1999. *El arte de construir en Bizancio*. S. Huerta y F. J. Girón,eds. Madrid: Instituto Juan de Herrera / CEHOPU.

Choisy, A. 1883. *L'art de bâtir chez les byzantines*. Paris. Trad. esp. 1997. *El arte de construir en Bizancio*. Edited by S. Huerta y F. J. Girón. Madrid: Instituto Juan de Herrera / CEHOPU.

Choisy, A. 1899. *Histoire de l'architecture*. Paris: G. Béranger.

Choisy, A. 1904. *L'art de bâtir chez les égyptiens*. Paris: E. Rouveyre. 2007. *El arte de construir en Egipto*. S. Huerta y G. López Manzanares, eds. Madrid: Instituto Juan de Herrera / CEHOPU.

Choisy, A. 1909. *Vitruve*. Paris: Imprimerie-Librairie Lahure.

Durm, J. 1881. *Die Baukunst der Griechen*. Leipzig: Diehl.

Durm, J. 1885. *Die Baukunst der Etrusker und Römer*. Darmstadt: Diehl.

Durm, J. 1903. *Die Baukunst der Renaissance in Italien*. Stuttgart: Bergsträsser.

Esselborn, K. 1908. *Lehrbuch des Hochbaues*. Leipzig.Engelmann.

Garfield, E. 1992. «The life and career of George Sarton: The father of the history of science». *Sartoniana*, 5, 109–130.

Giedion, S. 1971. *Architecture and the Phenomena of Transition. The three space conceptions in architecture*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Girón, J. y S. Huerta (eds.). *Auguste Choisy 1844–1909. L'architecture et l'art de bâtir*. Madrid: Instituto Juan de Herrera (en prensa).

Graefe, R. (ed.). 1985–1990. *Geschichte des Konstruierens (SF- 230. Teil C.). Vols. 1 y 2. Natürliche Konstruktionen (1985, 1986). Vol. 3 Textiles Bauen,. Vols. 4 y 5 Wölbkonstruktionen der Gotik (1990)*. Stuttgart: Universität Stuttgart.

Hall, R. 2000. «Where is the History of Technology?». *History of Technology*. 22: 203–209.

Hess, F. 1943. *Konstruktion und Form im Bauen*. Stuttgart: Julius Hoffmann.

Heyman, J. 1966. The Stone Skeleton. *International Journal of Solids and Structures*. 2: 249–79.

Heyman, J. 1995. *The Stone Skeleton. Structural engineering of masonry architecture*. Cambridge: Cambridge

University Press. Trad. esp. 1999. *El esqueleto de piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica.* Madrid: Instituto Juan de Herrera / CEHOPU.
Maass, J. 1969. «Where Architectural Historians Fear to Tread». *Journal of the Society of Architectural Historians.* 28: 3–8.
Murray, P. 1972. *La arquitectura del Renacimiento.* Madrid. Aguilar.
Popper, K. R. 1962. *Conjectures and Refutations The Growth of Scientific Knowledge.* Londres: Basic Books.
Rondelet, J. 1802–10. *Traité théorique et pratique de l'art de bâtir.* Paris: Chez l'auteur.
Sarton, G. 1952. *Horus. A guide to the History of Science.* New York: The Ronald Press Company
Schunck, E. 1990–2002. *Beiträge zur Geschichte des Bauingenieurwesens.* Munich: Technische Universität München, Lehrstuhl für Baukonstruktion. 12 vols.
Straub, H. 1949 (4a. Ed. 1992). *Die Geschichte der Bauingenieurkunst.* Basel: Birkhäuser. (Trad. esp. A. Casas y S. Huerta eds. *Historia de la ingeniería de la construcción.* Madrid: Instituto Juan de Herrera. En preparación).
Thunnissen, H.J.W. 1950. *Gewelven, hum construtie en toepassing in de historische en heiden dadgse Bauwkunst.* Amsterdam: Ahrend. (Trad. esp. R. García y S. Huerta, eds. *Bóvedas: su construcción y empleo en la arquitectura.* Madrid: Instituto Juan de Herrera. En prensa).
Ungewitter, G.-G. 1859–1864. *Lehrbuch der gotischen Constructionen.* Leipzig: T. O. Weigel.
Ungewitter, G.-G. 1890. *Lehrbuch der gotischen Konstruktionen. III Auflage neu bearbaitet von K. Mohrmann.* Leipzig: T.O. Weigel Nachfolger. (Trad. esp. Caps. 1 y 2. *Manual de construcción gótica. Bóvedas y estribos.* Madrid: Instituto Juan de Herrera. En preparación.)
Viollet-le-Duc, E.-E. 1854–1868. *Dictionnaire raisonnée de l'architecture française du XIe au XVIe siécle.* Paris: A. Morel.
Willis, R. 1842. «On the Construction of the Vaults of the Middle Ages». *Transactions of the Royal Institute of British Architects.* 1: 1–69. (Trad. esp. *Geometría y construcción de las bóvedas medievales.* Madrid: Instituto Juan de Herrera. En preparación).

Comunicaciones

Aplicación del yeso en exteriores: análisis de dosificaciones en laboratorio y estudio de campo en la ciudad de Cuenca

Beatriz Abenza Ruiz

Este estudio se inició con la intención de profundizar en el conocimiento del sistema constructivo de las fachadas del casco histórico de Cuenca para su aplicación en restauración.

En la arquitectura popular del centro de la península encontramos muchos ejemplos de fachadas revestidas con yeso de cocción tradicional que se encuentran en distintos estados de conservación.

Debido a la abundancia de suelos yesíferos, sobretodo en la mitad oriental de la península, era un material muy empleado, la progresiva pérdida de hornos tradicionales de yeso y su aplicación ha hecho que tienda a emplearse sólo para usos interiores. Aunque existe gran demanda de este material en los casos de restauración. Por ejemplo, la normativa de casco histórico en Cuenca (Ayuntamiento de Cuenca 2007a), indica que las fachadas de las viviendas han de ser de yeso. Es necesario que el material que se emplee sea, además, compatible con los soportes existentes, o con los restos del elemento a restaurar que se hallen en buen estado.

El objetivo de este trabajo es catalogar varios ejemplos de fachadas tradicionales de yeso y cal del casco histórico de Cuenca. Evaluar los procedimientos de restauración efectuados en dichas fachadas y sus efectos a medio o largo plazo. Y por otro lado, comprobar el efecto de la arena en morteros de formulación tradicional empleando yeso y cal de fabricación industrial.; comparando a su vez el comportamiento en uso exterior del yeso de cocción tradicional con la cal y el yeso de fabricación industrial.

Una vez definidos los objetivos que se quieren alcanzar y tras consultar algunas de las investigaciones realizadas hasta ahora, varias de las cuales ya insinúan o se acercan a alguno de los objetivos, se formulan las siguientes hipótesis:

Antecedentes de la aplicación del material

En un brevísimo repaso a la historia de la construcción podemos comprobar que el uso del yeso está presente en las culturas más antiguas de los siglos VI y VII a.C. en Oriente Próximo. Y más cercano en el tiempo y el espacio, encontramos un gran auge de su empleo en la cultura nazarí y en el mudéjar aragonés. (Gárate 1993)

Se conoce el uso del yeso en revestimientos interiores y suelos en la época romana y en los poblados ibéricos en la zona de Aragón. Su uso se generalizó con los árabes como material estructural y de recubrimiento. Desde la época medieval se empleaba el yeso en pasta o en mortero con arena o con morteros bastardos de yeso y cal, en ocasiones también con arena (Pérez Sánchez y Sanz Zaragoza 1993).

En el ámbito de la restauración, se ha tenido —desafortunadamente— ocasión de comprobar los resultados de intervenciones realizadas con cementos coloreados, que en muchas ocasiones han tenido un tiempo de vigencia muy inferior a los morteros tradiciones de revestimiento que pretendían sustituir. Debido a la reología propia del cemento, su atacabilidad

ante la contaminación de los ambientes actuales que hacen que envejezca muy prematuramente y las migraciones de sales que provocan entre su superficie y el soporte originario. Sin embargo, los morteros de cal son más elásticos y permiten mejor la transpiración de las capas de revestimiento y por tanto evita que se produzcan condensaciones intersticiales que puedan dañar el mortero. Además combina muy bien con el yeso y la arcilla. Todos ellos materiales de larga tradición en su uso para revestimientos tradicionales.

En la ciudad de Cuenca se ha conservado parcialmente la tradición del yeso al exterior, y esto también configura de manera especial el resto de los elementos de las fachadas; como grandes aleros y faldones metálicos en el encuentro entre las bajantes de pluviales con las fachadas a nivel de la primera planta que eviten las escorrentías de agua y el filtrado masivo del agua de lluvia que pueda resbalar por estos elementos.

Algunas técnicas que usadas para la restauración de sus fachadas consisten en utilizar mallas de fibra de vidrio para mejorar la adherencia y flexibilidad del yeso haciendo que se adapte mejor al soporte y así impedir la fisuración. O aplicar hidrofugantes a las superficies de yeso para mejorar su permeabilidad.





Figuras 1 y 2
Bajante de pluviales

EVOLUCIÓN URBANÍSTICA Y CONSTRUCTIVA DEL CASCOS HISTÓRICO DE CUENCA

Fijándonos en la historia evolutiva del urbanismo de la ciudad de Cuenca podemos profundizar en el estudio específico de sus sistemas y procedimientos constructivos tradicionales.

Para eso nos remontamos a la Edad Media, durante la ocupación musulmana la ciudad está focalizada entre el castillo y el alcázar, adaptándose a la abrupta topografía. Poco a poco irá creciendo hacia las márgenes del Huécar. Con el tiempo, una nueva ciudad cristiana se superpone a la de trazado musulmán. Es una época de crecimiento tanto económico como demográfico, lo que será determinante para la expansión de la ciudad y la organización de suelo urbano.

En la parte alta de la ciudad, la herencia de la cultura musulmana sigue patente en la poca importancia dada a la calle y a sus dimensiones, como sigue ocurriendo hoy día en algunos enclaves de la ciudad vieja. El rápido crecimiento en los espacios marginales de los recintos intramuros da lugar a alineaciones desordenadas, calles estrechas y solares profundísimos. La gran altura de los edificios en relación a la estrechez de las calles y solares, se ve potenciada por los fuertes desniveles y escalonamientos del terreno, por

los que una construcción de cuatro alturas por un lado del solar llegue a tener hasta tres niveles de sótanos, por tanto siete alturas al otro lado del mismo solar.

De esta época se heredó un gran conjunto de viviendas de tipología muy estrecha y profunda, con pocos huecos en fachada, uno o dos por planta. Son frecuentes los balcones en fachada, con revocos y recercados tanto por hueco como generales. La estructura parcelaria muestra su origen en los arrabales medievales con parcelas de tres a cinco metros de fachada.

De los posteriores ensanches se conservan edificaciones eclécticas historicistas, decó o próximas al racionalismo, incluso algún edificio de línea modernista. Aunque la mayoría de los edificios son autoconstrucciones sin carácter especulativo ni enclavadas en ningún movimiento estético.

Ya en el siglo XX encontramos promociones oficiales de vivienda social de Posguerra, se trata de unifamiliares de dos plantas, adosados con jardines traseros.

El sistema constructivo se puede describir generalmente como una estructura de madera reticulada y ligera, con muros medianeros y cerramiento rellenos con adobe, cascote, ladrillo y, ocasionalmente, mampostería. Forman unas estructura mixtas contínuas de gran flexibilidad, como se puede apreciar en los movimientos y deformaciones que presentan la gran mayoría de las fachadas del casco antiguo de la ciudad. Esta flexibilidad se tiene que trasladar también a la fachada lo máximo posible para evitar riesgos de patología por fisuras y grietas que permitirían el paso de humedad y xilófogos a la estructura de las construcciones, provocando graves daños.

Elección de las fachadas para el estudio de campo

Como primera toma de contacto para un posterior clasificación más exhaustiva de las tipologías de revoco y distintos estados de conservación de las fachadas de yeso del casco histórico de Cuenca se han elegido varios edificios que han sido o no intervenidos en distintas etapas a lo largo del siglo XX o principios del XXI.

De cada fachada se tomaron fotografías y se realizó in situ un esquema de las fisuras, grietas, deschones, cambios de color y de material. Sólo se realizaron ensayos no destructivos, midiendo la dureza Shore C en varios puntos de cada fachada (según su variedad y accesibilidad) y pruebas de absorción de 10 mg agua durante 30 segundos, tomando nota de la velocidad de absorción o de escorrentía en su caso y de la longitud y anchura de la huella dejada por el agua.

Localización de los ejemplos

Los ejemplos más numerosos son los de fachadas antiguas que no han tenido ninguna intervención de restauración y se encuentran en grados de conservación muy variable, se localizan en las calle Solera 8, Andrés Cabrera números 1, 5 y 9, calle Alfonso VIII número 89, y en la calle San Juan números 3 y 9, casi todas se pueden datar en la primera mitad del si-

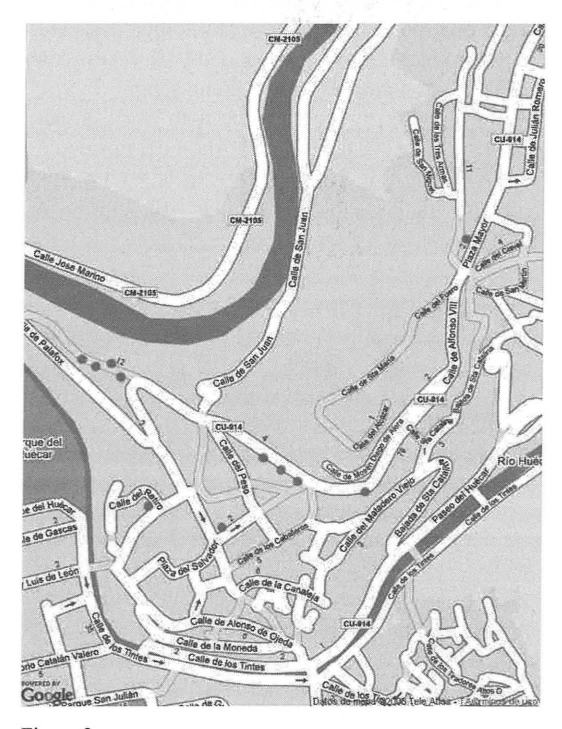


Figura 3
Localización de ejemplos

glo XIX. En otra zona un poco más retirada, pero sin salir de la misma parte de la ciudad se encuentra otro ejemplo en la calle González Francés, 2.

De las restauraciones que se realizaron en los años ochenta se ha registrado la de la calle Pilares 21–23.

Por último se han catalogado dos fachadas que han sido restauradas muy recientemente con yeso industrial sin ningún tipo de tratamiento adicional, a finales de los años 90 y primeros años del s. XXI, se trata de la calle San Juan, los números 7 y 22.

Catálogo realizado con las fachadas elegidas

Se ha procurado seguir un orden cronológico según los datos conocidos.

C/ Solera, 8

Edificio de 1800 según una inscripción que se conserva en un escudo de la fachada. Situada frente a un parque que fue en 1880 un mercadillo que desapareció por problemas de funcionalidad y de acceso a la «ciudad baja» transformándose en un solar.

Color amarillo con pérdida de tono hacia el gris. Cercos de color blanco sucios y frisos del mismo color y también ensuciados. No presenta grietas muy evidentes, pero sí muchos desconchados en la fachada.



Figura 4
Fachada hacia el parque

Valores de dureza superficial entre medios y altos. Los ensayos de microescorrentía realizados en la superficie presentan muy poca absorción, huella muy estrecha hasta alcanzar el revoco tirolés del zócalo. Y los que realizaron buscando otras capas más inferiores (en desconchados).tienen absorción rápida, huella redondeada y ancha.

C/ González Francés, 2

Es la que peor se conserva y se encuentra aparentemente deshabitada.

Color ocre intenso, casi dorado. Zócalo gris con revoco a la tirolesa. Imitación de almohadillado en las esquinas. En el lateral, grietas bastante profundas que parecen coincidir con forjados y pies derechos. En la fachada, la capa exterior presenta un craquelado de finas grietas verticales y horizontales sobretodo en la planta segunda. Y algunas grietas que comunican los huecos de vértice a vértice en vertical.



Figura 5
Fachada lateral, se intuye la estructura de madera

No tenía muchas zonas «sanas» accesibles para realizar la medición de dureza superficial, en algunos puntos se hincaba la uña fácilmente. En otros puntos se consiguieron valores bajos o medio-bajos. Absorción de agua muy rápida, huella alargada pero ancha.

C/ Andrés de Cabrera, 1

Actualmente está aprobado el proyecto de rehabilitación de fachadas y cubiertas para la calle Andrés de Cabrera, 1–11, tres de estos seis inmuebles están recogidos en este estudio.

Edificio residencial en esquina con cuatro plantas sobre rasante, habitado. Color amarillo con los marcos pintados en blanco (uno de ellos recién pintado, se pintó el día de la toma de muestra). Planta baja blanca con el zócalo pintado de gris.

La fachada frontal tiene pocas grietas aparentes y varios desconchones en la capa coloreada, que dejan ver una capa inferior si color. Se pudieron observar hasta tres capas de revoco con gran diferencia de grosor, entre las capas interiores y la más exterior, mucho más fina. Todas las capas de revoco sobresalen con respecto al plano de la planta baja unos 5 cm.



Figura 6
Revoco de las plantas superiores

Dureza superficial más bien alta excepto en una de las tomas realizada en la fachada lateral, donde el material de revestimiento estaba muy erosionado.

Microescorrentía en revoco de planta baja: Absorción rápida y huella alargada y ancha interrumpida por el zócalo de cemento.

Microescorrentía en zócalo de pasta de cemento: Absorción muy lenta, huella alargada y fina, capa poco permeable.

C/ Andrés de Cabrera, 5

Al igual que la fachada anterior sigue el esquema de dos huecos por planta (una ventana y un balcón), en su planta baja alberga un museo de la Semana Santa.

Color amarillo muy pálido con mezcla de gris y marrón. Junto a uno de los canalones se observa un cambio de color provocado por manchas de humedad. Todas las grietas se muestran en la misma dirección diagonal de la fachada, lo que indica un asentamiento del terreno o de la cimentación. Aunque en las capas inferiores que se pueden observar a simple vista no parecen existir esas mismas grietas.

Valores de dureza superficial muy altos. En los ensayos de microescorrentía se obtiene absorción prácticamente nula, huella muy fina y alargada.

C/ Andrés de Cabrera, 9

Es el más grande de los tres edificios estudiados en esta calle. Con una fachada mayor pero mucho menos estructurada.

El color de la capa exterior es amarillo-ocre. Tiene hasta cuatro capas reconocibles de revestimiento. Las grietas más evidentes se encuentran en dirección horizontal y vertical, que podría indicar fisuras en los distintos paños de aplicación del revoco de fachada. Se observan algunas reparaciones más recientes con cemento.

La dureza superficial es media en la capa más externa y alta en la inmediatamente inferior a ésta. En el ensayo de microescorrentía presenta absorción muy rápida, huella ancha y corta.

C/ Alfonso VIII, 89

Edificio de cinco alturas sobre rasante. Color blanco muy desleído desde el que se transparentan colores marrones-grisáceos. Huecos enmarcados en blanco. Zócalo de revoco de cemento a la tirolesa en color gris. Está situado junto a la casa de los Clemente de Arostegui, del s. XVII.

No hay grietas muy evidentes más que en las esquinas de los huecos, que algunos de ellos están muy deformados.

Valores medios-altos de dureza superficial, aunque en alguno de los puntos los valores eran muy dispa-



Figura 7
Alero redondeado y deformaciones en los huecos

res. En cuanto a la microescorrentía, se hicieron dos pruebas. La absorción es rápida en la capa superficial, pero no se absorbe por las capas inferiores, por lo que no marca las grietas. La huella sigue surcos de la capa externa porque el agua corre muy superficialmente.

C/ San Juan, 3

Actualmente es un centro municipal de educación juvenil Color blanco con pérdida de tono hacia el gris. Zócalo gris con revoco tirolesa, bajo el zócalo la base es marrón. En la parte trasera del edificio la fachada se encuentra mejor conservada, la capa exterior del revestimiento es de color amarillo aunque presenta pérdidas de color, bajo esta última capa se encuentra otra de color granate en masa. Grietas abundantes de poca profundidad y numerosos desconchados profundos.

Valores medios-altos de dureza superficial. Absorción media, huella ancha; algo alargada e irregular. En la capa exterior absorción nula; huella muy alargada que sigue siéndolo, pero algo más ancha, en la capa interior del zócalo.

C/ San Juan, 9

Grietas principalmente verticales junto a la medianera con el número 7. Color blanco con pérdida de color hacia el gris; zócalo marrón con imitación de sillería. Según una inscripción en una placa, es del año 1958. Mampostería irregular con revoco de mortero de yeso y arena; lechada de cal en la parte superior. En la portada sillería de piedra y dintel de madera.

Dureza superficial baja. Absorción muy rápida, deja una huella ancha y muy redondeada.

C/ Pilares, 21–23

Fue restaurada en los años 80. De color amarillento, marcos de los huecos y de la casa pintados en blanco. Varias capas de revoco cada vez más fina, la más externa muy fina y coloreada en masa. Grietas muy va-



Figura 8
Fachada posterior del centro de educación juvenil

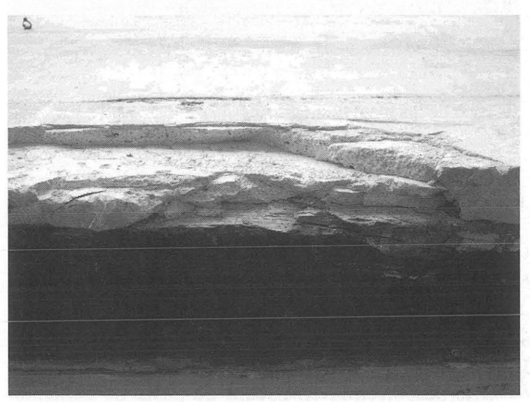


Figura 9
Capas de revoco

riadas, tanto diagonales en los ángulos de los huecos; como horizontales y perpendiculares, alguna de ellas parecen coincidir con los forjados y son muy evidentes.

Dureza superficial con valores medios y altos. Se hicieron dos ensayos de microescorrentía, en el primero la superficie era totalmente impermeable, huella muy fina que se ensancha debido a las irregularidades del zócalo, creando una zona de absorción en el revestimiento justo encima del zócalo. El segundo presenta poca absorción, huella ligeramente ancha pero alargada, lo que sugiere una absorción lenta aunque escasa.

C/ San Juan, 7

Color rojo, con muchas aguas y diluciones en el tono. Marco de la fachada y huecos en blanco. Zócalo gris. Debido a su reciente restauración presenta pocas grietas, algunas en los ángulos de los huecos y la más evidente, sobre el dintel del portón de entrada.

Dureza superficial media. Absorción de agua rapidísima, huella en forma de lágrima invertida, longitud más bien corta.

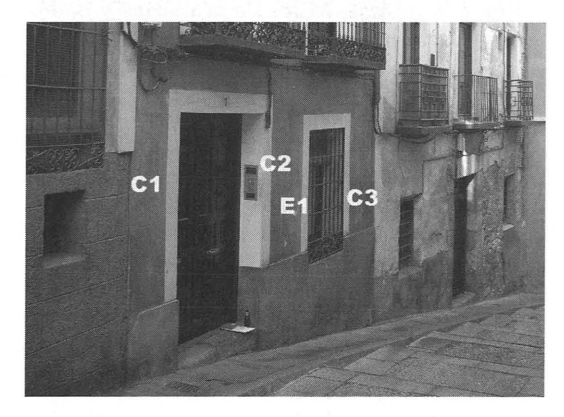


Figura 11
Localización de los ensayos



Figura 10
Alero redondeado en su parte baja, reciente restauración

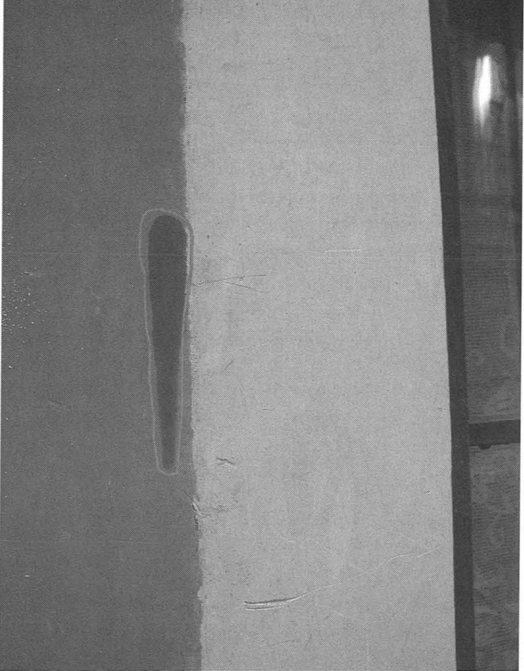


Figura 12
Ensayo de microescorrentía

C/ San Juan, 22

Obra restaurada recientemente dentro de un plan de mejora del paisaje urbano.

Color azul grisáceo; zócalo gris con acabado tipo revoco a la tirolesa. Marco de la ventana y de los huecos, en color blanco. No es observan grietas, sólo desconchones y cambios de color bajo en alero y la entrada del canalón debidos a la humedad.

Dureza superficial baja. La superficie es muy absorbente; huella corta, ancha, con forma de lágrima invertida.

Estudio del material

Los productos de yeso fabricados en hornos tradicionales se empleaban al exterior cdon muy buenos resultados: Con la industrialización en la fabricación de los productos se llegó a un mayor control sobre las materias primas y sobre la temperatura de cocción. Esto provocó la aparición de productos más homogéneos, pero supuso la pérdida de posibilidades de uso al exterior de los nuevos productos de yeso industrializados. Se mantuvo en Alemania la tradición de yesos hidráulicos para pavimentos, y en algunas zonas del territorio británico yesos de alta dureza superficial.

Actualmente existen algunos productos comerciales que mezclan yeso y cal hidrofugada. Se trata de morteros preparados con arena a los que se les ha sometido a diversas pruebas de envejecimiento acelerado y ya han sido empleados en algunas obras de construcción al exterior.

En algunas actuaciones de restauración se ha podido comprobar el buen comportamiento de las mezclas de cal en pasta, arena y yeso de proyectar aplicado de forma manual; puesto que este tipo de yeso tienen aditivos que mejoran su adherencia y retardan el fraguado, propiedades semejantes a las que presentan los yesos cocidos en hornos tradicionales. Permitiendo la aplicación de finas capas repretadas para obtener texturas más lisas y con menos porosidad.

Es relativamente habitual que en restauración de elementos escultóricos en yeso se empleen yesos alfa, (como en los casos de yeserías en Sigüenza, Guadalajara y Alcalá de Henares). Pero se buscan formulaciones basadas en productos de comercialización regular que no supongan un alto coste económico, para que pueda aplicarse en restauraciones más modestas.

Estudios de dosificaciones en laboratorio

Se sintetizan en este apartado las conclusiones obtenidas de los trabajos realizados en los seminarios del Laboratorio de Materiales de la ETSAM durante los cuatrimestres de primavera de los cursos 06/07 y 07/08.

Comparación de distintos tipos de yesos (primera parte del ensayo)

El yeso grueso y cal con una relación a/c de 0,36 es el material que mejores cualidades presenta de dureza superficial y velocidad de paso de ultrasonidos. Sin embargo los yesos de cocción tradicional (yeso de Albarracín blanco y rosa) presentan unas propiedades similares con una trabajabilidad mucho más viable para la puesta en obra.

A pesar de sus buenos resultados en los ensayos no destructivos, después de estar cinco semanas conservadas en agua y teniendo todas una edad de 8 semanas, los yesos de Albarracín presentan unas resistencias bastante menores a la de las probetas de yeso grueso y cal con una relación a/c de 0,36. El aumento de la cantidad de agua en esta relación (hasta 0,5) mejora los tiempos de trabajabilidad, sin embargo reduce a casi la décima parte la resistencia (algo menos por tratarse de una probeta ensayada con 3 semanas menos de edad) y quedándose también en menos de la mitad de la resistencia de los yesos de Albarracín, cuya trabajabilidad es buena sin perder tanta capacidad resistente.

Análisis de la influencia de la presencia o no de cal en el mortero y de arena

El curado en agua de las probetas ha disminuido sus propiedades de flexión y de compresión. Se puede observar cómo el fraguado más rápido del yeso hace que los resultados en los ensayos de rotura sean mucho mejores; aunque esta diferencia no sea tan notable en los ensayos no destructivos de dureza superficial y velocidad de paso de ultrasonidos.

La presencia de arena perjudica a corto plazo las propiedades de los morteros de yeso. Sin embargo en el mismo período de tiempo, mejora las del mortero bastardo que se ha elaborado con una mezcla de yeso y cal a partes iguales.

Conclusiones del estudio

El trabajo en laboratorio puso de manifiesto que la elaboración, amasado y conservación de los materiales influye notablemente en las características finales del elemento del que forme parte dicho material. Es muy evidente que en los morteros cuyo elemento mayoritario sea el yeso las propiedades físicas se ven mermadas en ambientes de continua humedad, aunque en ambientes variables son más fáciles de secar y recuperar esas propiedades, hecho que se deduce que las probetas que han estado conservadas en ambiente exterior.

La incorporación de arena en los morteros que se han estudiado ha resultado más positiva en las probetas en las que se ensayaba una mezcla de yeso y cal a partes iguales; y perjudicial cuando se trataba de mortero de yeso solo y arena.

Las últimas fachadas analizadas, que han sido restauradas en los últimos quince años, se encuentran en muy buen estado de conservación. A la hora de aplicar el material exterior no se buscó la impermeabilidad, sino todo lo contrario: un secado rápido. El yeso de estas fachadas tiene una gran capacidad de absorción, pero realizando el ensayo de microescorrentía, se podía observar lo rápidamente que se secaba el paramento. Esto evita las condensaciones intersticiales en la fachada y la conservación de la humedad en el interior de la hoja de cerramiento. Se podía observar también que las grietas eran muy pequeñas por lo que le supone a la capa exterior de la fachada cierta flexibilidad, sin ser excesivamente resistente, lo que se observa de los bajos valores obtenidos en dureza Shore C.

Sin embargo, en el caso de fachadas que fueron restauradas con materiales mucho más impermeables, la adherencia a la base es mucho menor, por lo que dejan de cumplir su función protectora del paramento muy tempranamente. Esto ocasiona la aceleración de los procesos de deterioro y requiere una frecuencia mayor en la sustitución de la capa exterior del mortero de fachada. Además para aplicar una nueva capa es necesario retirar la anterior debido a su falta de adherencia; mientras que en las fachadas más antiguas se observa que la reparación sólo requiere aplicar una nueva capa externa. Y así parece requerirse igualmente en las últimas restauraciones realizadas, hecho que favorece las labores de conservación de las fachadas y abarata los costes de restauración.

El estudio de las fachadas más antiguas nos permite conocer las estrategias de aplicación del revestimiento. Sobre la base del paramento (generalmente piedra o muro de adobe) se observan al menos dos o tres capas de yeso con grosores decrecientes desde la base al exterior y finalmente una última capa o dos muy finas con el color aplicado en masa.

Se observa lo importante que es para la conservación de los revocos una buena ejecución en varias capas y elementos arquitectónicos que contribuyan a la expulsión rápida del agua de lluvia e impidan la conservación de la humedad en la fachada.

De la observación de los materiales empleados también se puede ver cómo en los morteros antiguos existe arena y probablemente cal, debido a la mayor impermeabilidad de algunas de las fachadas; y cómo en las restauraciones recientes, la capa exterior es muy fina, sin granos de arena y elaborada sólo con yeso y colorantes en masa.

Futuras líneas de investigación

En vista de las conclusiones obtenidas, tanto en la primera parte experimental desarrollada en el laboratorio como en los estudios de campo realizados in situ en el casco histórico de la ciudad de Cuenca, se hace necesario la continuidad del estudio.

Se propone comparar el caso de Cuenca con otras localidades de gran tradición en la aplicación de revocos de yeso al exterior como son Molina de Aragón y Albarracín. Aunque se propone también aumentar el catálogo de edificios estudiados hasta ahora en Cuenca de los que se tenga posibilidad de datar construcción original e intervenciones posteriores, incluso extraer muestras de material para un análisis más exhaustivo.

Posteriormente a estos estudios de campo se estaría en condiciones de elaborar mejores dosificaciones de yesos, aplicando además los productos que para ello existan el mercado. Con la intención de mejorar los productos y su aplicación más que de obviarlos y

buscar soluciones nuevas a no ser que éstas mejorasen el producto en prestaciones, facilidad de aplicación y economía.

Lista de referencias

AENOR. 2004. *Yesos de construcción y conglomerantes a base de yeso para la construcción.* Parte 2: Métodos de ensayo. UNE-EN 13279–2. Madrid: AENOR.

Alonso Concha, T., Sanz Martínez, D. y Sanz Gutiérrez, E. 2007. *Arquitectura popular en Tierra Molina. Destrucción y Conservación.* Guadalajara: Aache ediciones.

Ashurst, J. 1988. «Mortars, plasters and renders». En *Practical Building Conservation: English Heritage Technical Handbook.* Vol. 3. Aldershot: ed. Gower.

Ayuntamiento de Cuenca. 2007a. *Plan especial de ordenación, mejora y protección del casco antiguo de Cuenca y sus hoces.*

Ayuntamiento de Cuenca. 2007b. *Acta de la sesión ordinaria celebrada por la junta de gobierno local el día 23 de febrero de 2007.*

Gallego Roca, F. J. 1993. «La restauración arquitectónica y los colores de Granada». En Gallego Roca, F. J. (ed.). 1996. *Revestimiento y Color en la arquitectura, conservación y restauración.* Granada.

Gárate Rojas, I. 1993. «Técnicas históricas de revestimientos» En Gallego Roca, F.J. (ed.). 1996. *Revestimiento y Color en la arquitectura, conservación y restauración.* Granada

Gárate Rojas, I. 1999. *Artes de los yesos. Yeserías y estucos.* Madrid: ed. Munilla-Lería.

Gaspar Tebar, D. 1995. «El yeso. Aplicaciones en restauración. Propiedades y características». *Tercer curso internacional de conservación y restauración en patrimonio.* Madrid: ICCET-ETSIM.

González Sterling, L., Ibáñez Montoya, J. y Alau Massa, J. (dir.). *Cuenca edificada.* Madrid: Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid.

Moropoulou, A., Bakolar, A. y Bisbikou, K. 1998. «Investigation of the technology of historic mortars». *Journal of Cultural Heritage* 1 (2000): 45–48.

Norma Básica de la Edificación. NBE-CT-79, sobre condiciones térmicas de los edificios.

Pérez Sánchez, A. y Sanz Zaragoza, J.M. 1993. «La tradición del uso del yeso en exteriores». En Gallego Roca, F.J. (ed.). 1996. *Revestimiento y Color en la arquitectura, conservación y restauración.* Granada.

Saínz De Cueto Torres, F. J. y Menéndez De Llano Núñez, S. 1998. «Adherencia de los morteros de revoco y restauración». *Ingeniería Civil,* 112: 7–17.

Trejo, V., Aragón, L. y Miranta, P. 2001. Estimación de la permeabilidad al vapor de agua en películas a base de Quitosán. *Journal of the Mexican Chemical Society,* 45, nº 1: 1–5. México: Sociedad Química de México.

Villanueva Domínguez, L. 1996. «Yeserías españolas: propuesta de tipología histórica» En De Las Casas, A., Huerta y S., Rabasa, E. (eds.). 1996. *Actas del Primer Congresos Nacional de Historia de la Construcción.* Madrid 19–21 septiembre de 1996.

Villanueva Domínguez, L.; Abenza Ruiz, B. 2007. *Comparación de cuatro morteros de revestimiento propuestos para exteriores.* Trabajo de doctorado, Nuevas aplicaciones a morteros tradicionales. Madrid: DPTA. ETSAM. UPM. Trabajo Inédito.

Villanueva Domínguez, L., Agromayor Navarrete, E., Andujar Hermosa, C., Cortijo Gutiérrez, A. y García Bascones, M. 2007. *Yeso de Albarracín.* Trabajo de la asignatura Seminario de Laboratorio de Materiales, Morteros. Madrid: DPTA, ETSAM. UPM. Trabajo Inédito.

Villanueva Domínguez, L., Carretero, Gómez, S., García García, S., Rico Antón, I., Sereno Moure, A. y Straver, M. 2007. *Yeso de proyección y cal.* Trabajo de la asignatura Seminario de Laboratorio de Materiales, Morteros. Madrid: DPTA, ETSAM. UPM. Trabajo Inédito.

Villanueva Domínguez, L., Carretero, Gómez, S., Cea López, B., Hernández Lomero, D., Montero Azañón, R., Pérez León, J.C. y Rodríguez Rico, J. 2008. *Aplicaciones actuales de conglomerantes tradicionales.* Trabajo de la asignatura Seminario de Laboratorio de Materiales, Morteros. Madrid: DPTA, ETSAM. UPM. Trabajo Inédito.

Villanueva Domínguez, L., Corrales Malia, M., Cortés Rodríguez, A., García Nicolás, A. y Lamas Arangüena, A. 2007. *Yeso de Construcción.* Trabajo de la asignatura Seminario de Laboratorio de Materiales, Morteros. Madrid: DPTA, ETSAM. UPM. Trabajo Inédito.

Villanueva Domínguez, L., Cortés Montalvillo, T., Junquera Lara, M., Lucio Bello, E. y Pino Olavaria, P. Del. 2007. *Yeso de Albarracín,* Trabajo de la asignatura Seminario de Laboratorio de Materiales, Morteros. Madrid: DPTA, ETSAM. UPM. Trabajo Inédito.

Villanueva Domínguez, L. y García, S. 1998. *Revocos: puesta en obra y patología.* Trabajo de doctorado, Revestimientos conglomerados. Madrid: DPTA: ETSAM. UPM. Trabajo Inédito.

Análisis de una fuente gráfica: los planos más antiguos conservados del claustro principal e iglesia del Convento de Madre de Dios de Sevilla (1874)

Antonio J. Albardonedo Freire

Los planos parciales del convento de Madre de Dios de la Piedad de Sevilla que vamos a estudiar, son los más antiguos conservados y, hasta el momento, han pasado inadvertidos para la investigación de un edificio que desde 1971 es Monumento Nacional (Calderón Benjumea, c. 2004.). Estas representaciones (de 48 × 70 cm) van incluidas en un breve informe oficial impreso en 1874 (Anón 1874), en el que se difunden las completas instalaciones, pertenecientes a una institución no oficial dedicada a la enseñanza universitaria de la Medicina, la cual había recibido para su uso gran parte del convento desamortizado en 1868. Aquel inicial centro docente fundado por el ilustre cirujano Federico Rubio y Galí estuvo amparado por el Ayuntamiento y la Diputación Provincial; después en 1917 pasó a depender de la Universidad de Sevilla y se convirtió en el primer edificio de la nueva Facultad de Medicina hasta 1957.

Los planos que estudiamos están reproducidos con la técnica del grabado, fechados el 28 febrero de 1874; fueron delineados por Manuel Lugo y grabados para la imprenta por J. Raquejo. En ellos se recoge la planta baja y primera del claustro principal, y las crujías limítrofes incluida la iglesia. Todo ello era la parte principal del edifico desamortizado en 1868, el cual tenía entrada por la actual calle San José y ocupaba toda la manzana de casas. En la parte superior del plano de la planta baja aparece además representado el *Pabellón Anatómico*, el cual pertenecía a la Escuela, pero estaba situado en el Hospital de la Cinco Llagas. Asimismo, en el otro plano de la planta primera se añadieron detalles del laboratorio de análisis y del departamento de óptica en la parte inferior del mismo.

El interés de esta fuente gráfica radica en que es posible sea copia de la planimetría que dirigió la adaptación del edificio para el nuevo uso docente de la Medicina, de acuerdo con un reglamento aprobado en 1871:

> se escribió el Reglamento especial orgánico que lleva la fecha de 31 de diciembre de 1871 y se aprobó por la Excma. Diputación Provincial en 31 de Mayo de 1871. Después, fue preciso acomodar el edificio a las exigencias de este Reglamento, las cuales han quedado completamente satisfechas con las obras realizadas (Anón 1874, 10).

Los trabajos debieron ser realizados por un arquitecto que hasta el momento no hemos podido documentar, apenas cinco años antes (1969) de la edición de este impreso (1874). Por lo cual tienen el doble interés de de ser el plan director para la adaptación de un antiguo edificio durante el siglo XIX, y también la lógica incorporación de las últimas novedades en la adaptación de los espacios y de las instalaciones necesarias. Además de ofrecernos un juicio valorativo muy positivo sobre del resultado alcanzado que califica de *«parece haber sido levantado de planta para escuela de medicina»*. Asimismo es una interesante e inédita fuente de información para la

historiografía de la construcción sobre el estado del edificio anterior a las reformas del siglo XX.

Historia del edificio

El primer emplazamiento de esta institución conventual tuvo lugar en 1476 en la antigua calle de la Pajería, hoy Zaragoza, cerca de la antigua puerta de Triana de la muralla de la ciudad, situada frente a la confluencia de la calle Moratín con Zaragoza. Antes el edificio había sido el hospital de San Cristóbal. El asentamiento inicial se debió a la fundación de Isabel Ruiz de Esquivel siguiendo la regla y hábito de la orden de Santo Domingo. Este primer lugar y edificio causaba grandes dificultades por las frecuentes riadas del Guadalquivir, especialmente dura fue en aquella calle la inundación de 1485, que causó la dispersión de la comunidad.

Las noticias llegaron a oídos de la Reina Isabel I La Católica y de su confesor el Inquisidor General y dominico, fray Tomas de Torquemada, quienes les facilitaron unas casas en otro barrio de Sevilla junto a San Nicolás, las cuales habían sido confiscadas a judaizantes. Además de las ayudas mencionadas fueron sustanciosas las del arzobispo de Sevilla dominico Fray Diego de Deza. Isabel I La Católica por el afecto con la comunidad donó, por medio de un privilegio, otras importantes regalías.

La tradición sostiene que la reina Católica, su gran benefactora, se hospedó en él, en concreto parece que vivió en unas casas de la manzana contigua al convento, conocidas hasta el siglo XX como «Apeadero de la Reina»; aquellos edificios estaban en la acera de los números pares de la calle Madre de Dios y a las que las religiosas accedían por medio de un arco pasadizo muy estrecho, elevado sobre la calle.

La relación del convento con personajes de relevancia social fue constante en los primeros siglos de existencia. En la iglesia están enterrados los restos mortales de la viuda e hija respectivamente del Conquistador de Méjico, Hernán Cortés. También descansan en el Convento los restos de las bisnietas de Cristóbal Colón.

El proyecto del edifico y del templo que se terminó en 1572, es de autor desconocido, y se ejecutó en distintas fases del siglo XVI. Según Celestino López Martínez intervinieron en la obra de la iglesia Juan

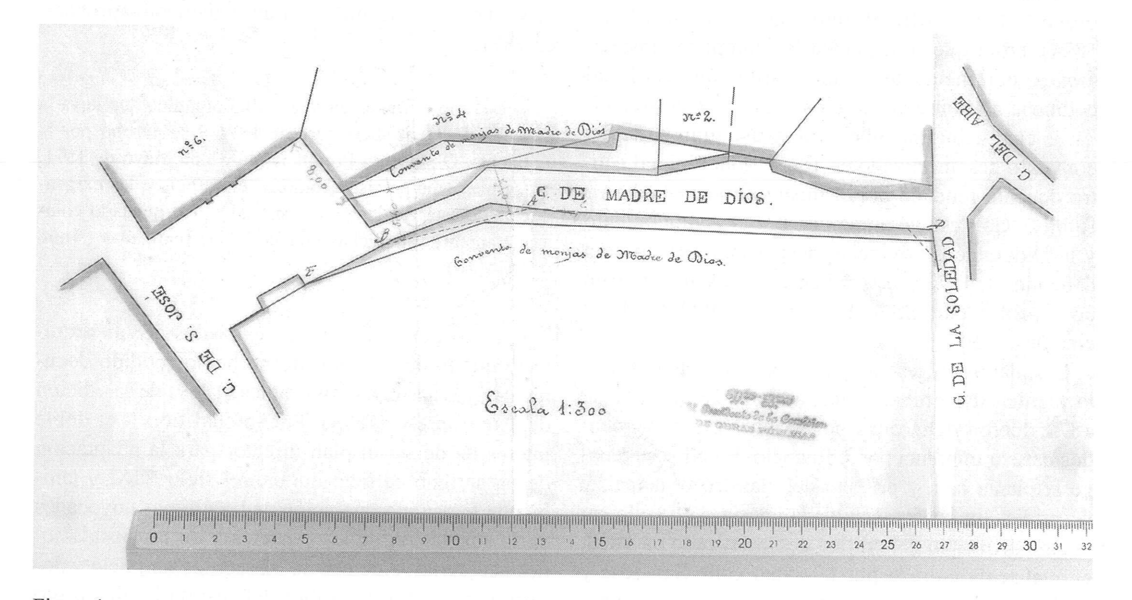


Figura 1
El edificio del convento estuvo afectado por el proyecto de alienación de Francisco Aurelio Álvarez (1902) para la calle Madre de Dios, el cual finalmente sólo lo menoscabó ligeramente, según acuerdo del Cabildo de 17 de octubre de 1902. Archivo Municipal de Sevilla. Secc. Alineaciones

de Simancas y Díaz de Palacios. En alguna fase del templo también intervino el arquitecto Hernán Ruiz. La portada de la iglesia conventual es del siglo XVI y está inspirada en el tratado de Sebastián Serlio, con altorrelieves realizados por Juan de Oviedo (1590–1600). La rica historia del convento y el mérito de la iglesia conventual hizo que ésta fuera declarada Monumento Nacional el 28 de julio de 1971.[1]

La vida del convento se mantuvo sin alteraciones importantes hasta la desamortización de 1868. Poco después, tan triste acontecimiento se ejecutó el 30 de septiembre, cuando se ordenó a la comunidad de religiosas que habitaban el convento que en tres días lo desocupasen. Finalmente se les hizo abandonar el recinto el 13 de octubre, desposeyéndolas además de todos sus bienes, por ese motivo tuvieron que marchar y ser amparadas en el monasterio de San Clemente, sufriendo el edificio abandonado un gran expolio, y quedando prácticamente vacío, destinándose poco después a ser sede de una institución privada universitaria de Medicina pronto amparada por la Diputación Provincial.

En 1877, nueve años después volvieron las religiosas a recuperar la iglesia y una parte ínfima de su antiguo convento. Mientras en la otra parte permanecía desde 1869 la Escuela Libre de Medicina.

El edifico en su vida universitaria sufrió pocas vicisitudes a excepción de las habituales reparaciones y la construcción de un nuevo edificio en una pequeña parte del solar, para servir como Policlínica, proyectado por el arquitecto Francisco Aurelio Álvarez Millán (1902); además de un proyecto de reforma general del arquitecto José Gómez Millán (1929). Pocos meses después de este última reconstrucción, el edificio fue prácticamente devastado el 13 de septiembre de 1931 por un voraz incendio provocado en los frecuentes asaltos anticlericales frecuentes durante toda la II República, el cual no llegó a afectar al convento de Madre de Dios pero derruyó la totalidad del edifico de la Facultad. Posteriormente y tras la reconstrucción de los forjados de las plantas volvió al uso docente de Medicina. Más adelante, en 1945, fue ocupado por la Escuela de Comercio y pasó, más de cuatro décadas después, a ser Escuela Universitaria de Estudios Empresariales y después Facultad de Trabajo de la Universidad de Sevilla hasta diciembre de 2008. En la actualidad, tras realizarse un anteproyecto para una residencia de profesores ancianos universitarios, han comenzado las necesarias prospecciones geológicas y las excavaciones arqueológicas. En la fase actual de comienzo de la actividad arqueológica no se han encontrado todavía restos pero se espera la posible aparición del teatro romano de Hispalis.

La escuela Libre de Medicina (1868–1917)

Cuando la comunidad de monjas dominicas se marchó al convento de San Clemente, obligadas por la desamortización de 1868, el edificio fue cedido a una institución docente tras una decisión tomada por la Junta Municipal de Gobierno el 6 de octubre de 1868, en la que se aprobó crear en él una Escuela de Medicina para la enseñanza libre, sin subvención del estado. Con la nueva institución docente colaboraron

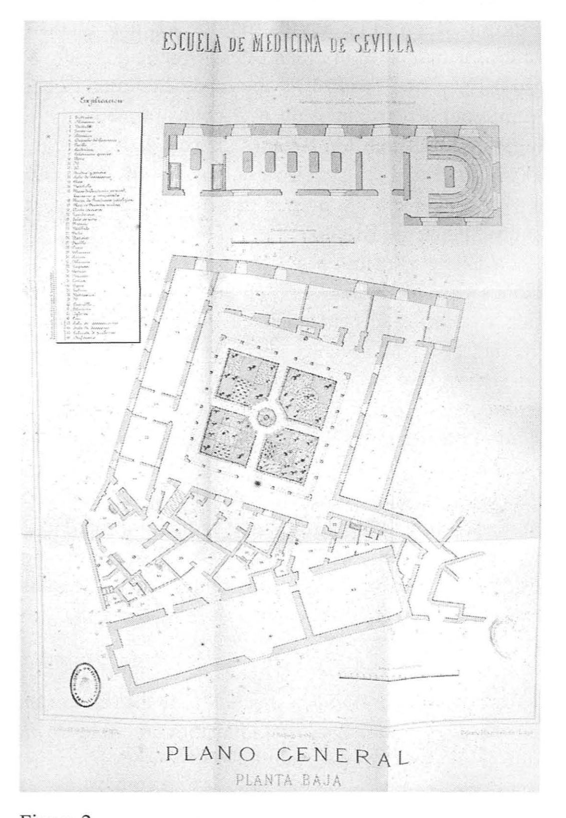


Figura 2
M. Lugo, *Plano general. Planta baja de la Escuela Libre de Medicina de Sevilla,* 1874 (foto del autor)

el Ayuntamiento y la Diputación Provincial y la Universidad presidida por el rector Antonio Machado Núñez; en todos influyó la necesidad de superar la calidad de la formación de las facultades oficiales del Estado, siguiendo un modelo docente entonces no conocido en España y a imitación de los europeos. La circunstancia inicial puede conocerse en la breve descripción de la institución (Anón. 1874), en la que se incluyen las detalles fundacionales de la institución y la adaptación de una gran parte del hasta entonces edificio conventual, para dedicarlo a los nuevos fines docentes e investigadores. Posteriormente, la institución perdió algunas de las dependencias del convento, que junto a las que la propia Diputación Provincial se reservó destinadas a crear una Casa de Maternidad, fueron devueltas a las monjas dominicas en 1877.

La iniciativa de crear esta escuela partió del ilustre médico el doctor Federico Rubio, consiliario del Colegio de Médicos de Sevilla, uno de los más cualificados cirujanos de la ciudad desde mediados del siglo XIX y que recibió el apoyo de la Junta Local Municipal. El arranque de este centro docente tuvo lugar en un decreto de la Junta, de seis de octubre de 1868, en el cual se especifica que nació con un carácter libre, es decir, sin ningún tipo de subvención para la enseñanza del Estado.

La Escuela recibió el apoyo de personas e instituciones y pronto se convirtió en una institución científica y docente de primera línea. La Diputación Provincial, el Ayuntamiento, el rector de la Universidad de Sevilla y el gobernador civil fomentaron el desarrollo de este centro hasta alcanzar un extraordinario grado docente y clínico. Es obligado subrayar el papel desempañado por la Diputación Provincial, pues gracias a la aportación de importantes fondos se pudo reformar el edifico, aportando luminosidad a las dependencias; asimismo puso a disposición de este centro el Hospital Central con más de seiscientas camas, para realizar prácticas docentes con estos enfermos.

El edifico del convento de Madre de Dios conservaba en el momento de la expulsión de las religiosas, la grandeza de una construcción monumental, en la que se fueron introduciendo modificaciones parciales para convertirlo en centro docente. Para conocer el edifico y las adaptaciones a los nuevos usos, contamos con la fuente de información objeto de esta comunicación, que podemos juzgar de primera magnitud (Anón 1874), y que nos va a ser de gran utilidad para descubrir el pasado y sobre todo el edificio en su estado inicial conventual.[2]

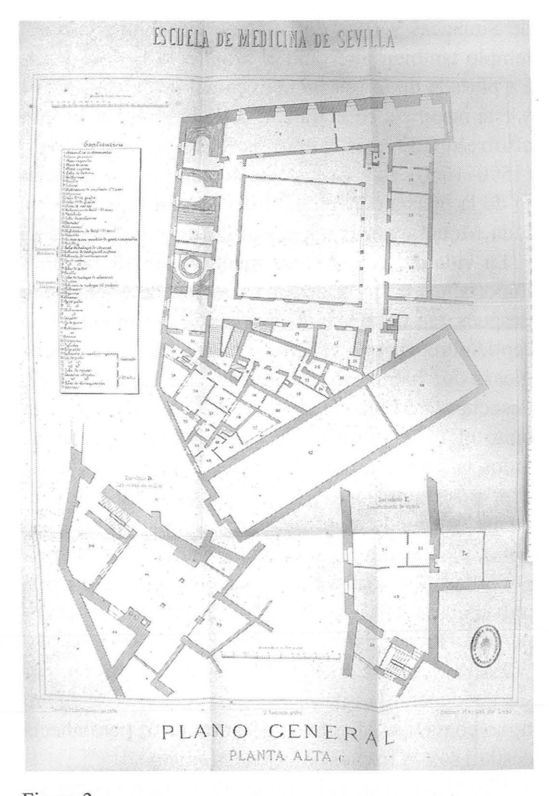


Figura 3
M. Lugo, *Plano general. Planta alta de la Escuela Libre de Medicina de Sevilla,* 1874 (foto del autor)

El edificio en cuestión era inicialmente inadecuado a la nueva ocupación docente y sanitaria, ya que tenía salones excesivamente espaciosos, de techos altos y de escasa iluminación natural, pues las ventanas existentes eran pequeñas e irregulares, lo normal de los edificios conventuales y de las dependencias destinadas a dormitorios y almacenes. Sin embargo, la fachada exterior circundante del edificio permitía resolver estos inconvenientes con la apertura de nuevos ventanales en la fachada exterior, además con las pequeñas remodelaciones en la distribución de la planta y la apertura de nuevos vanos interiores se pudo adaptar el edificio sin menoscabar la belleza artística del monumento. El resultado fue bueno, y puede verse en los planos, así como el grado de satisfacción lo-

grado en el estudio que los acompaña. La enseñanza de medicina permaneció total o parcialmente en aquella construcción hasta 1957 (Walls Boza 1985, 133) para lo que tuvo que vivir numerosas y necesarias reformas y ampliaciones.

La descripción y análisis de la Escuela y sus actividades exceden el fin de este trabajo, teniendo en cuenta que además contamos con una extraordinaria reseña realizada por la propia institución en 1874. Cabe destacar que en la concepción general de la enseñanza y los locales pesaron mucho los modelos europeos y norteamericanos que fueron examinados por los promotores:

> Para llegar a este fin, el primer cuidado de la Escuela fue estudiar la situación de la enseñanza en diferentes naciones de Europa y en los Estados Unidos de América; y con este conocimiento, y amoldándose en la parte legal a las prescripciones de nuestra legislación universitaria (Anón 1874, 10).

Análisis de la planimetría. Las transformaciones del edificio para dedicarlo a nuevo uso

La planimetría que analizamos es de excelente calidad, pese a que ha pasado por las manos de un grabador, seguramente poco habituado a trabajar con planimetría arquitectónica. El plano carece de cotas pero está realizada en escala 1:10 como aparece advertido en la leyenda. El dibujante ha dispuesto una orientación Oeste en el plano, quizá para otorgar una disposición vertical del soporte de acuerdo con las dos dimensiones del solar y además también para dejar en la parte inferior la calle principal de acceso al edificio. Los recursos gráficos son los habituales de la mejor planimetría del siglo XIX, mostrando una gran fidelidad en las medidas de los muros, especialmente en la fachada oeste o de la antigua calle de la Soledad, en la que el muro excesivamente grueso es real, pues por ese frente discurre una muralla de tapial medieval correspondiente a la antigua Judería. Sólo podemos advertir un dato de falta de precisión, pues no se ha representado la diferencia de cotas existente en el acceso al antiguo Refectorio, el cual todavía se observa en la actualidad.

Como resultado de las transformaciones necesarias para el nuevo uso docente, en el edifico se realizaron pequeñas reformas registradas en el plano. La más importante estaba encaminada a mejorar la iluminación interior, con luz natural, pues la disposición de muros cerrados del edificio conventual carecía de suficientes entradas de luz natural. Sabemos por la descripción de 1874, que la primera intervención estuvo dirigida a abrir vanos para iluminar y ventilar las salas con ventanas en la planta baja y alta. Para ello se abrieron en las fachadas exteriores sur y oeste, un total de trece grandes ventanales, junto con otros varios nuevos que se añadieron a los antiguos para ventilar e iluminar a través del antiguo claustro; como aparecen en los planos. Ventanales que por su tamaño lógicamente no se ajustan a los correspondientes a un convento de clausura.

La entrada a la nueva Escuela de Medicina mantuvo la primitiva puerta reglar del convento dominico por la calle San José hasta 1877. No obstante, en el informe de 1874 ya anunciaban que habían abierto una nueva puerta para las obras por la actual calle Madre de Dios, el mismo vano próximo al que finalmente se convirtió en principal entrada de la Facultad de Medicina durante el siglo XX.

De acuerdo con la creencia que una institución sanitaria que pretendía ser adelantada tenía que conseguirlo con las habituales prácticas de las asignaturas, se hizo imprescindible una serie de instalaciones higiénicas como fue dotar de agua corriente los lavabos de las clases y de los laboratorios, así como otras conducciones de distintos gases. Esta instalación hídrica fue posible por el abundante caudal de agua del que gozaban las religiosas antes de la desamortización.

Asimismo, para otorgar carácter confortable a tres clases de la primera planta se dispuso en forma de anfiteatro alrededor de una mesa central donde se diseccionaba y analizaba en presencia de los alumnos. De igual modo se concibió la clase que la institución poseía para impartir anatomía la cual estaba en el Hospital de las Cinco Llagas.

Los desplazamientos dentro del edificio se realizaban por las mismas vías antiguas, recibidas en herencia con el edifico conventual, incluidas las cuatro escaleras de la planta baja y las ocho escaleras representadas en el plano de la planta primera. La ordenación interna la mantuvieron hasta que, en 1877, regresaron las religiosas a una pequeña parte del antiguo convento. Esto obligó a devolver la iglesia y a buscar un nuevo acceso para la actividad docente por

la mencionada calle actual Madre de Dios, y reorganizar algo las vías de comunicación interior.

La parte del antiguo convento destinada a esta institución permitió la instalación de una biblioteca, una sala de profesores, laboratorios, colecciones científicas organizadas como museos, y departamentos de histología, fisiología y anatomía patológica, salas de microscopio, laringología, dermatología, oftalmología, clínica quirúrgica y otras secciones dedicadas a la experimentación con animales.

El carácter moderno de la reforma no fue un impedimento para que en ellas se conservaran también zonas nobles y con elementos de esmerado trabajo artístico. Muestra de ello es el refectorio del antiguo convento, convertido en un gran salón de actos, cubierto con un rico artesonado y con un importante conjunto de azulejos en el zócalo, parte de los cuales han terminado en el Museo de Bellas Artes de Sevilla y en el Alcázar. Estos zócalos cerámicos se han podido conservar gracias a la protección brindada por A. Sancho Corbacho, pues desde 1931 y hasta 1934 peligró su conservación, por la ruina y posterior reconstrucción del edificio. Sancho Corbacho entonces realizó el primero de sus trabajos sobre cerámica, el cual le sirvió para formarse en la materia a la que dedicó interesantísimas publicaciones. Del mismo modo este comedor estaba cerrado con un cancel de talla muy rica y en uno de sus lados una cátedra de caoba, desconocemos de qué época podía ser este mueble, probablemente adaptado para los nuevos usos docentes aunque el origen pudo ser conventual, destinado a facilitar la lectura durante el almuerzo de las religiosas dominicas. Esta estancia estaba decorada con un bello fresco de gran tamaño, posiblemente del siglo XVI, que representaba a la Virgen del Rosario, y por una serie de cuadros contemporáneos pintados por el pintor romántico Eduardo Cano para la Escuela Libre de Medicina.

A continuación realizamos una breve transcripción de los más interesante apartados del informe:

//p. 9// Conservaron las monjas la grandeza de la fabrica primitiva, pero introduciendo tantas modificaciones parciales que en 1868, al tiempo de la exclaustración, se veían por todas partes habitacioncillas con puertas y ventanas irregulares y pequeñas, junto a salones inmensos, anchos, altos los techos, de paredes robustas, y, aunque con escasísima luz, en condiciones que permitían abrir huecos a la calle. Estas circunstancias han consentido hacer fácilmente, como se ha hecho con los fondos suministrados por la Excma. Diputación Provincial, un edificio suntuoso, regular y con luz clara en todas las habitaciones, de tal modo que parece haber sido levantado de planta para escuela de medicina. Los huecos de puertas y ventanas que avocan a los corredores altos y bajos y a la calle, se han ajustado a proporciones regulares, y colocado simétricamente: se han conservado las bellezas artísticas que tenía el antiguo convento, y se han hecho desaparecer todas las irregularidades que en un edificio monumental solo podían justificar la comodidad o el capricho de sus anteriores habitantes. Así, aunque con no muy grandes dispendios, gracias a las buenas condiciones del local, ha podido en poco tiempo crearse un establecimiento de enseñanza, cuyo valor se puede apreciar con el estudio de los planos que sirven de base la descripción que nos ocupa...

//p. 10// Para llegar a este fin, el primer cuidado de la Escuela fue estudiar la situación de la enseñanza en diferentes naciones de Europa y en los Estados Unidos de América; y con este conocimiento, y amoldándose en la parte legal a las prescripciones de nuestra legislación universitaria, se escribió el Reglamento especial orgánico que lleva la fecha de 31 de diciembre de 1871 y se aprobó por la Excma. Diputación Provincial en 31 de Mayo de 1871.

Después, fue preciso acomodar el edificio a las exigencias de este Reglamento, las cuales han quedado completamente satisfechas con las obras realizadas. Pero esto, que es una verdad, debe ser conocido por todos, no ficticiamente, sino con toda la claridad posible; por lo cual se ha creído que no se lograría el objeto de un modo mas cumplido, que publicando, como comprobantes de esta breve reseña, y al lado de los planos del edificio, los inventarios del mobiliario y de los instrumentos y aparatos que se han adquirido para la enseñanza.

No nos proponemos sostener que es original el pensamiento científico, desenvuelto en la construcción de la Escuela Médica Sevillana: bástenos probar que lo ha habido, y que el adoptado es el que se sigue en los establecimientos de Bélgica, Italia, Inglaterra y Alemania; a saber: el de aplicar a todas, o la mayor parte de las asignaturas el sistema experimental. Por estos, se ha dispuesto con independencia laboratorio de alumnos al lado de los de los profesores, así en la sección de anatomía, como en fisiología, histología y química; y se ha acumulado material para la práctica en óptica y laringoscopia, en partos y vendajes, materia médica, etc. etc. Así, debemos llamar especialmente la atención sobre los laboratorios, parte que, sin dejar de ser integrantes de la escuela, se aísla bastante para ser mas fructífero el estudio de las materias que abraza.

... Según los planos, le Escuela tiene una entrada[3] por la calle de San José; mas, habiéndose comenzado obras

para construir en el resto del edificio las Casas de Expósitos y de Maternidad, se ha abierto puerta provisional a la calle de la Montaña, en el vestíbulo[4] a que comunica por el arco gótico que hay en el corredor bajo del lado Sur. Hacha esta aclaración, veamos el modo de estudiarlos, comenzando por el de la planta baja.
«//p. 11// Constitúyela un gran patio, en cuyo centro se ve un bonito jardín, que se riega con agua corriente, de la cual estaba dotado abundantemente el antiguo convento. Este patio está limitado en sus cuatro lados por grandiosos y elevados arcos, sostenidos sobre elegantes columnas de mármol, y por corredores o galerías espaciosas, donde se hallan practicados simétricamente huecos de ventanas y las puertas que dan entrada a varias oficinas.
... a los almacenes (27, 28, 29, 30 y 31), que enlazados hoy con la sacristía (32 al 37) constituyen el instituto de vacunación animal,[5] y al coro y a la iglesia (42 y 41). Los números 2 y 40 representan un pequeño almacén y un patinillo de luces, de poca importancia.
... los corredores y las pilastras de los ángulos del patio, están alicatados de azulejos, en su mayor parte de resalte, hasta la altura de metro y medio: que se ha conservado un bellísimo arco gótico, que ahora, mientras sea la entrada por la calle de la Montaña, queda cerrado por una cancela de hierro: que la sala de actos constituye un magnífico salón, con rico artesonado y un alicatado de azulejos de colores varios y de resalte, hasta la altura de metro y medio: que, cerrado el arco de entrada a este salón, hay un cancel de gran estima por su rica talla, y en uno de los lados, una excelente cátedra de caoba: que este salón está adornado por un fresco muy bonito, de gran tamaño, se cree que del siglo XV, representando a la Virgen del Rosario...
//p. 12// Aun el mismo jardín se va disponiendo para criar plantas, en la forma y manera que es conveniente para que su estudio pueda hacerse con provecho de la enseñanza.
//p. 16// ... los números 36, 39, 40, 41, 43, 44, 45 y 46, pertenecen a lo que fue sacristía y hoy se destina a Instituto vacuno: el 47 y 48 se refiere a la iglesia y al coro: los restantes no mencionados son de ojos de patio (Anón 1874, 9–16).

La destrucción del edificio y la reconstrucción (1931–1945)

El edificio sufrió diversas vicisitudes hasta ser prácticamente destruido por un incendio la noche del 11 al 12 de mayo de 1931. Sobre el estado anterior al incendio del edificio contamos con un importante conjunto de fotografías realizadas en 1925 y en 1934 por los hermanos Nandín para el Laboratorio de Arte de la Universidad de Sevilla. Este conjunto fotográfico fue usado por el profesor Sancho Corbacho en un exhaustivo informe que escribió al Rector, en 1934, para que mediara con el fin de proteger los zócalos cerámicos del antiguo convento de Madre de Dios, material cerámico que finalmente terminó depositándose en el Museo de Bellas Artes de Sevilla y en el Alcázar.

Principales reformas que el centro docente ha tenido en el siglo XX

Como hemos dicho el año 1902 se construyó la Antigua Policlínica edificio que actualmente se conserva en el nº 3 de la calle Madre de Dios, que fue un proyecto del arquitecto Francisco Aurelio Álvarez Millán, sobre un pequeño solar de perfil triangular con una austera fachada siguiendo los criterios regionalistas.

La ya mencionada gran reforma de José Gómez Millán (1929), cuyo proyecto fue seguramente de nuevo construido tras el incendio de 1931.

Nuevamente se reformó, sólo en lo imprescindible, cuando el edifico le fue asignado a la Escuela de Comercio por O.M. de 20 de septiembre de 1943, instalándose ésta en el año de 1945. La Escuela de Comercio se estableció en una parte del edificio, ya que se permitió permanecer a la Cátedra de Fisiología de la Facultad de Medicina durante algo más de

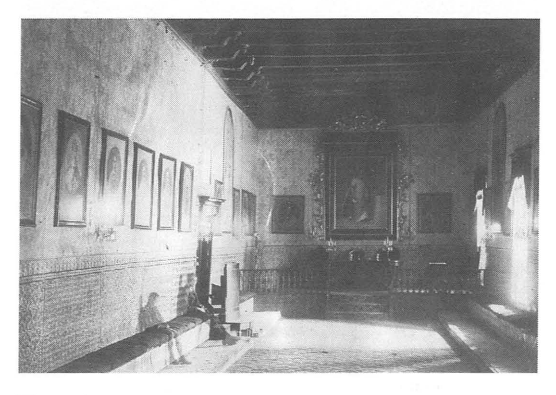
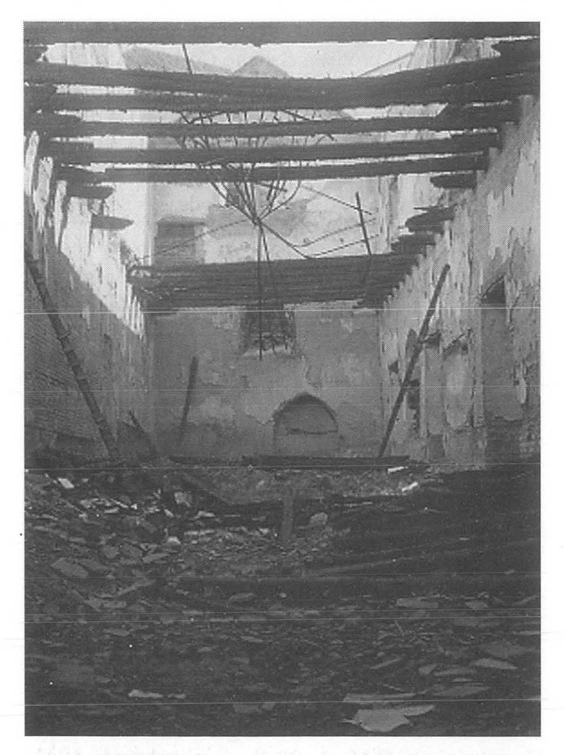


Figura 4
Fototeca Universidad de Sevilla. Escuela de Medicina. Salón de Actos en 15 de junio de 1925 (foto: Hnos. Nandín, Fototeca Universidad de Sevilla)





Figuras 5 y 6
Una vista del salón de Actos y del patio de la Escuela de Medicina tal como quedó arrasada tras el incendio de 1931. Estado en que se encontraban el 17 de octubre de 1934. Fot. Hnos. Nandín, Fototeca Universidad de Sevilla

una década hasta tanto resolviese dificultades que tenía en el Hospital Central (salió en 1957).

El proyecto de reforma de la Escuela de Comercio de Alfonso Toro Buiza (1964) transformó la galería norte del claustro principal. Los vanos originales adintelados, que hasta entonces había poseído como recogen las fotografías desde 1925–1964, se transformaron en dos puertas. En esta reforma se elevó el pavimento de las galerías del bajo del claustro principal, hasta la altura del pretil donde antes apoyaban las columnas renacentistas. La reforma comenzó con un primer proyecto de 1958 y finalmente se construyó un 2º proyecto del mismo arquitecto visado el 25 de enero de 1964.

En 1982 se realizó un proyecto de reparación y conservación en la Escuela Universitaria de Estudios Empresariales de Sevilla por el arquitecto S. Camoyán (31 de mayo de 1982).

En la actualidad lo fundamental del edificio se conserva aunque la crujía norte del claustro ha sido muy transformada. Esta crujía, tras la reforma del arquitecto Granero (década de 1990), cuenta con bajo y una planta. Está formada por diez vanos adintelados en planta baja, y cinco arcos rebajados de nueva factura en la primera planta, uniformándolos con los del resto del claustro. Estos nuevos arcos sustituyen a los antiguos.

Estas obras de transformación del edificio de las cuatro últimas décadas del siglo XX han alterado profundamente la construcción renacentista. Por ello, ante tantas trasformaciones, las representaciones gráficas adquieren enorme interés por la riqueza de información contenida, la cual permite comprobar los elementos conservados y los añadidos en cada intervención, interesante también para descubrir en los proyectos directores de obras los criterios de intervención de los arquitectos.

Notas

1. B.O.E. del 28 de julio de 1971, nº 179: 12.354.
2. Anón. 1874. *Escuela libre de Medicina y Cirugía de Sevilla. Breve descripción de su estado y comprobada con los planos del edificio y con los inventarios de mobiliario y de instrumentos y aparatos destinados a la enseñanza.* Sevilla: Angel Resuche Imp.
3. Número 1º del plano *A*.
4. Número 16 del plano *A*.
5. En todo lo que comprenden en el plano los números señalados 27 al 37, ambos inclusive, se está construyendo actualmente el Instituto referido bajo los auspicios de la Escuela y a expensas de la Excma. Diputación. No será aventurado afirmar que es el primero que se establece en España, y que, al terminar las obras comenza-

das, y entrar en función, corresponderá a los dispendios de la provincia y del Municipio y al objeto humanitario de su institución.

Lista de referencias

Anón. 1874. *Escuela libre de Medicina y Cirugía de Sevilla. Breve descripción de su estado y comprobada con los planos del edificio y con los inventarios de mobiliario y de instrumentos y aparatos destinados a la enseñanza.* Sevilla: Ángel Resuche Imp.

Calderón Benjumea, C. 2004. *El Real Monasterio de Madre de Dios de Sevilla.* Sevilla: Guadalquivir Ediciones.

Walls Boza, Federico. 1985. *La Escuela de Comercio de Sevilla.* Sevilla: 133.

Archivo Municipal de Sevilla
- Sección Licencia De Obras. Madre de Dios 1.
- Sección Obras de Particulares. Madre de Dios 1.

Fundación Fidas. Colegio Oficial de Arquitectos de Sevilla
- Licencias de obras. Madre de Dios 1.

Archivo General de la Administración. Alcalá De Henares
- Archivo Central del Ministerio de Educación y Ciencia. Base de Datos de Construcciones Civiles y Monumentos
- Expediente del proyecto de reparación y reforma. Años: 1917–1931. Arqtº José Gómez Millán. Legº 13616-expte. 1. Caja AGA 31/5412.
- Proyecto de obras de reforma y ampliación del Departamento Anatómico. Año: 1924. Arqtº José Gómez Millán. Legº 13565-expte. 6. Caja AGA 31/5354.
- Presupuesto de apuntalado de arcos en al galería deL fondo del patio principal. Incluye un plano de alzado y planta. Año: 1931. Legº 13565-expte. 7. Caja AGA 31/5354.
- Proyecto de obras para el Instituo Anatómico. 16 planos. Año: 1932. Arqtº Rafael Arévalo Carrasco. Gabriel Lupiares. Legº 13564-expte. 2. Caja AGA 31/5353.
- Proyecto de obras de reconstrucción de lo destruido y damnificado por el incendio de septiembre de 1931. 5 planos. Año: 1932. Arqtº José Gómez Millán. Legº 13565-expte. 8. Caja AGA 31/5354.
- Proyecto de reconstrucción del piso principal en las crujias de fachada y galería. Un plano. Año: 1932. Arqtº José Gómez Millán. Legº 13565-expte. 2. Caja AGA 31/5354.
- Proyecto de obras para el Instituto Anatómico. Año: 1933. Legº 13687-expte. 7. Caja AGA 31/5520.
- Proyecto de obras para habilitar parte del edificio afectado por el incendio de septiembre de 1931. Cuatro planos. Año: 1933. Arqtº José Gómez Millán. Legº 13565-expte. 5 Caja AGA 31/5354.
- Proyecto de instalación de Laboratorios, Secretaria y Archivo. Año: 1936. Arqtº José Gómez Millán. Legº 13615-expte. 4. Caja AGA 31/5411.
- Proyecto de obras de instalación de la Cátedra de Fisiología y de reparación en las dependencias que ocupa el Archivo General de la Facultad de Medicina. Año: 1936. Legº 13565-expte. 4. Caja AGA 31/5354.
- Proyecto de reforma del edificio de la Facultad de Medicina. Siete planos. Arqtº José Gómez Millán. Legº 13565-expte.3. Caja AGA 31/5354.

Archivo de la Antigua Escuela de Comercio. Sevilla
- Expediente sobre cesión del Pabellón de Chile de la Exposición Iberoamericana para albergar la Escuela de Comercio. Un plano. Año: 1930. Leg 10758-expte. 17 Caja AGA 31/1814.
- Proyecto de traslado del material y enseres de la Escuela Profesional de Comercio al nuevo edificio de la calle Santa María de Gracia. 3. Año: 1935. Legº 13.195-expte. 6 Caja AGA 31/4847.
- Expediente administrativo sobre antecedentes de construcción de la Escuela Profesional de Comercio. Año: 1940. Legº 13727-expte. 28. Caja AGA 31/5578.
- Proyecto de ampliación, reforma y reconstrucción de la Facultad de Medicina de Sevilla para adaptación de la Escuela de Comercio. Doce planos. Año: 1943. Legº 13637-expte. 1 Caja AGA 31/5444.

La Basílica de Majencio en Roma: construcción y estabilidad

Alejandra Albuerne Rodríguez

La Basílica de Majencio, también conocida como Basílica de Constantino o Basílica Nova, fue comenzada en el año 307 d.C. por el emperador romano Majencio (283–312 d.C.), y terminada en torno al 313 d.C. por el emperador Constantino (272–337).

En el siguiente artículo se presenta una reconstrucción del edificio, se repasa el proceso constructivo de los edificios abovedados de *opus caementicium* u hormigón romano, y se lleva a cabo un análisis estático del edificio, centrándose en las bóvedas de cañón y bóvedas de arista.

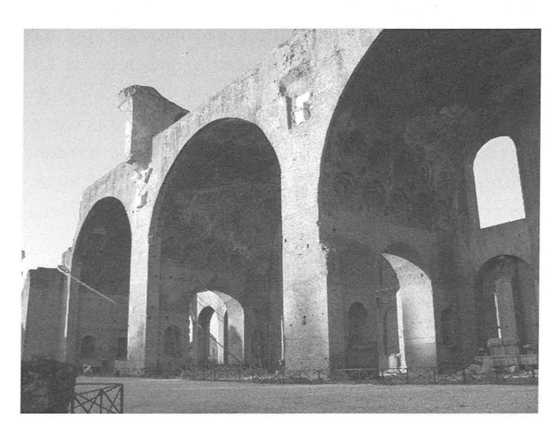


Figura 1
Estado actual de la Basílica de Majencio. Vista interior de la nave norte, única en pie en la actualidad

Reconstrucción del edificio

La Basílica de Majencio se distancia de la tipología tradicional de basílica romana (figura 2). La aparición del *opus caementicium* u hormigón romano en los siglos anteriores permitió un cambio de tipología constructiva que sustituía las combustibles cubiertas de madera de las basílicas tradicionales por una solución más resistente ante el fuego: las bóvedas. Tanto las bóvedas de arista que cubrían su nave central, como las bóvedas de cañón que aún cubren las naves laterales (la nave norte se conserva prácticamente intacta, estructuralmente hablando), son las más grandes de su tipología conocidas del Imperio Romano.

La Basílica de Majencio fue proyectada empleando la tipología de los majestuosos *frigidarium* de las grandes termas de Roma, como las Termas de Caracalla (212–216 d.C.) y las de Diocleciano (298–306 d.C.). Se trata, al igual que ocurre en las basílicas tradicionales, de edificios compuestos por una nave central más ancha y más alta flanqueada por naves laterales más bajas, con la diferencia de que estas naves no se apoyan sobre columnas, sino sobre gruesos muros de hormigón. La nave central está cubierta por tres bóvedas de arista, mientras que las naves laterales están cubiertas, cada una, por tres bóvedas de cañón de eje transversal a las naves. Los muros ,asivos sobre los que apoyan las bóvedas de cañón sirven a su vez para contrarrestar los empujes de las bóvedas de arista de la nave central.

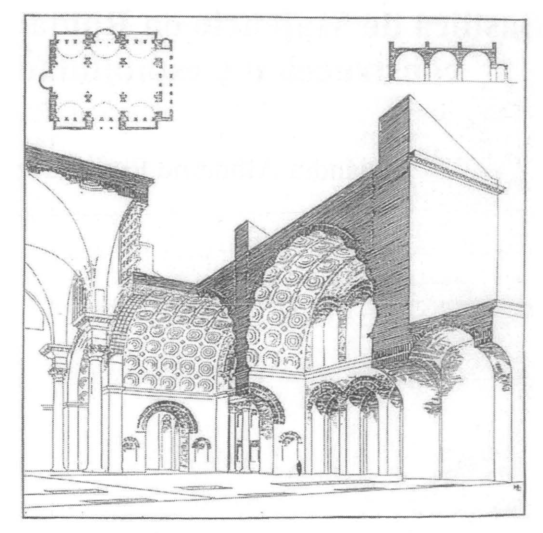


Figura 2
Vista axonométrica de la Basílica de Majencio (Loempel), seccionada. La nave central se eleva y en los muros se abren grandes ventanales que iluminan el interior, como ocurría en las basílicas tradicionales

Fachadas y cubiertas

La topografía natural del terreno presentaba un importante desnivel desde la esquina sureste de la Basílica a la esquina noroeste, que se encontraba unos 8 m más baja. La cota del piso interior de la Basílica se situó por encima del nivel más alto de la topografía del terreno. La fachada principal, la sur, se situaba en la Vía Sacra, y el acceso se producía a través de un pórtico con 4 columnas, situado a lo alto de una escalinata que salvaba el creciente desnivel entre el interior del edificio y la cota de la calle.

La fachada oeste era, por tanto, casi 8 m más alta que la fachada este y estaba rematada mediante un ábside semicircular en la nave central, cubierto por una semicúpula esférica. A esta fachada se adosaron, por motivos estructurales, contrafuertes y otros elementos funcionales que servían de contrarresto, como un núcleo de escaleras.

La fachada este, por el contrario, permitía el acceso al edificio al nivel de la calle y a ella se adosaba un pórtico cubierto por pequeñas bóvedas de arista. Este pórtico cumplía también una función estructural, ofreciendo contrarresto a los empujes de la gran bóveda de arista de la nave central.

La fachada norte contaba con un segundo ábside semicircular rematando el tramo central de la nave norte, en frente de la entrada principal al edificio.

Las naves laterales, al igual que la galería de acceso en la fachada este, estaban rematadas con cubiertas aterrazadas transitables, a las cuales se accedía mediante una serie de escaleras integradas en los muros del edificio.

La nave central estaba rematada por cubiertas de faldones que seguían la forma de las bóvedas interiores y que estuvieron en su día cubiertas por tejas (figura 11).

Cimentaciones

Los diferentes estudios arqueológicos[1] realizados sobre la Basílica coinciden en afirmar que el edificio se asienta parcialmente sobre los restos de construcciones anteriores relacionadas con el mercado de Nerón, como son el Pórtico del Mercado y las *horreas* (almacenes) *Piperataria y Margaritaria*.

Dichos restos se sitúan bajo las naves sur y central, habiendo sido aprovechados para apoyar las cimentaciones de los muros que sustentan las bóvedas de éstas.

La cota de apoyo de las cimentaciones, tanto las reutilizadas como las de nueva construcción, se corresponde con el nivel del terreno natural, en este caso el monte Velio. Se sitúan, por tanto, a la menor profundidad posible. La cota del interior del edificio se alcanza mediante un relleno dentro de los muros perimetrales.

Los más recientes estudios geotécnicos que han acompañado a las excavaciones arqueológicas han permitido comprobar que el tamaño de las cimentaciones de la Basílica varía de acuerdo con las cargas que soportan y con la resistencia del propio terreno,[2] testimonio indiscutible de los avanzados conocimientos constructivos y científicos que poseían los romanos en época del Bajo Imperio.

Las cimentaciones son corridas bajo los muros, construidas en hormigón romano, probablemente apisonado.

Muros

La Basílica de Majencio se levanta sobre gruesos muros de hormigón romano u *opus caementicium*,

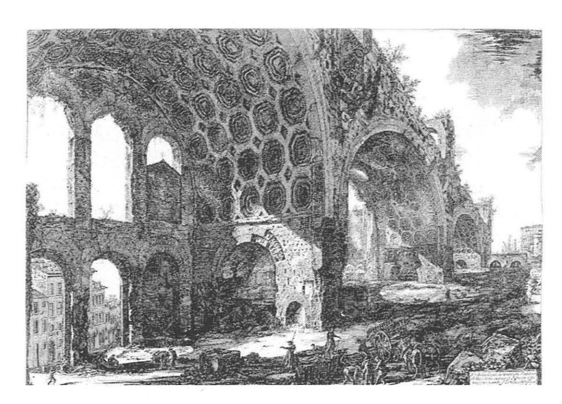


Figura 3
Basílica de Majencio. G. B. Piranesi 1774

revestidos de fábrica de ladrillo u *opus latericium*. Su forma estructural determina su forma arquitectónica.

Junto con las fachadas, los principales muros del edificio son los muros de apoyo de las seis poderosas bóvedas de cañón que se abren a ambos lados de la nave central. Los cuatro muros interiores tienen un espesor aproximado de 3,3 m, mientras que los muros de la fachada este rondan los 4,4 m y los de la fachada oeste, más críticos debido a su mayor altura, tienen un espesor de aproximadamente 5,0 m.

Bóvedas

Existieron dos tipos de bóvedas en el edificio: bóvedas de cañón sobre las naves laterales y bóvedas de arista sobre la nave central, todas ellas construidas en *opus caementicium*.

La nave central tenía una luz de 25,50 m aproximadamente. Estaba cubierta por 3 bóvedas de arista, de planta aproximadamente cuadrada. Estas bóvedas se han perdido, conservándose únicamente pequeños tramos de los arranques, así como fragmentos caídos encontrados en los alrededores de la Basílica. Se han conservado en pie hasta nuestros días unas bóvedas similares, si bien más pequeñas, pertenecientes al antiguo *frigidarium* de las termas de Diocleciano, convertidas en la iglesia de Santa Maria degli Angeli.

Los fragmentos conservados han permitido apreciar la decoración mediante casetones en el interior de estas bóvedas. Minoprio (1925), y anteriormente D'Espouy,[3] reconstruyen esta decoración con casetones octogonales, rellenando el espacio con otros cuadrados de menor tamaño, mientras que las aristas de las bóvedas se decoraban con casetones ovalados.

Bajo los arranques de las bóvedas se encontraban enormes columnas corintias, con fustes monolíticos de mármol, como puede observarse en la figura 2. Estas columnas no cumplían una función estructural, sino que eran meramente decorativas. Una de ellas se conserva todavía frente a la basílica de Santa Maria Maggiore (Roma).

En la actualidad permanecen casi intactas tres de las seis bóvedas de cañón que cubrían las naves laterales

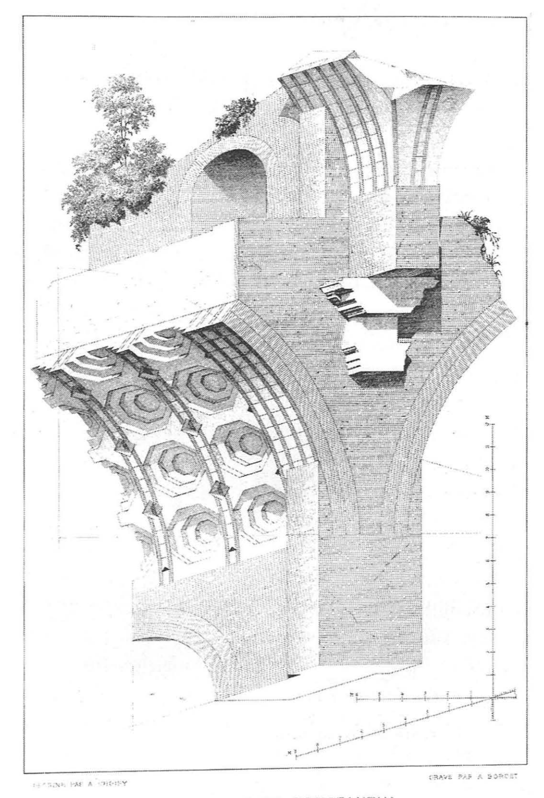


Figura 4
Detalle del arranque de una bóveda de arista sobre los riñones de las bóvedas de cañón, dibujado a partir de los restos de la Basílica de Majencio. Se muestran con claridad los casetones que decoraban y aligeraban las bóvedas de cañón, así como las roscas de ladrillo que definían constructivamente la bóveda (Choisy 1873)

de la Basílica de Majencio, faltando únicamente de la parte superior del muro oeste de la bóveda noroeste.

Las bóvedas de cañón tienen una luz aproximada de 23,2 m y un ancho de unos 17,5 m, siendo su altura 24,5 m desde el nivel de piso original de la basílica. Al igual que ocurría con las bóvedas de arista, estos cañones están decorados con casetones octogonales, ademas de otros cuadrados menores en los espacios intermedios. En la figura 4 se puede observar la geometría de los casetones tipo.

Proceso constructivo

Construcción de muros

La Basílica de Majencio se levanta sobre muros de *opus caementicuim* entre hojas de ladrillo que hacían las veces de encofrado perdido.

El procedimiento para construir los muros consistía en la ejecución, en primer lugar, de una cierta altura de las hojas exteriores de ladrillo, las cuales se podían levantar sin necesidad de cimbras. El aparejo de estas hojas permitía una unión muy sólida entre ellas y el núcleo de hormigón.

A continuación, entre ambas hojas se colocaban las capas de *caementa* (árido) alternadas con capas de mortero, rellenando todo el interior del muro. Los pedazos de *caementa* tienen un tamaño aproximado de un puño y se colocan en hiladas cuyo espesor es, comúnmente, de unos 7 cm de espesor. A esta hilada le sigue una capa de mortero de entre 3 y 4 cm que rellena los huecos entre los pedazos de árido, y así, sucesivamente.

Las hojas exteriores de ladrillo se ataban entre sí empleando, principlamente, dos sistemas. En primer lugar, se colocaban hiladas de ladrillos *bipedales* (2 × 2 pies) que cruzaban el muro entero. El segundo sistema consistía en dejar maderos perpiaños embebidos en los muros que servían, además, de apoyo para el andamiaje y que se serraban una vez finalizaba la construcción del muro, dejándolos enrasados con la superficie de ladrillo (figura 5).

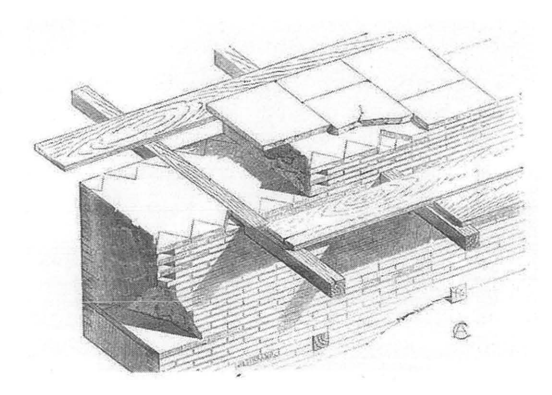


Figura 5
Sistemas de atado de las hojas exteriores de ladrillo en los muros de hormigón romano (Choisy 1873)

Construcción de bóvedas de cañón

El empleo de hormigón romano simplificaba la construcción de bóvedas. En palabras de Choisy:[4]

> el aglomerante hace que las hiladas de mortero y de piedras se confundan en una masa continua y homogénea, cuya estabilidad es indiferente a la dirección de asiento. Los romanos aprovecharon esta circunstancia para liberarse radicalmente de todas las complicaciones que entraña la construcción de juntas convergentes.

Según Choisy, el hormigón de las bóvedas romanas se ejecutaba de igual modo que en los muros. La diferencia radicaba en un mayor cuidado a la hora de elegir el material de la *caementa*, ya que la selección de materiales de menor densidad para las partes superiores de la construcción llegaba a ser imprescindible en bóvedas de grandes luces.

Las bóvedas se construían con ayuda de cimbras permanentes, ejecutadas en ladrillo, que quedaban embebidas en la masa de hormigón final. En bóvedas de un cierto tamaño, como en la Basílica de Majencio, el empleo de estos nervios de ladrillo resultaba muy ventajoso en términos económicos. Estos arcos se construían directamente sobre la cimbra de madera, y, una vez completos, podían entrar en carga.

Una vez el mortero del hormigón fraguaba, los nervios, que habían quedado embebidos por completo en el hormigón, pasaban a trabajar como una parte indiferenciable de la bóveda: se conseguía un reparto de las cargas a través de los tres materiales: *caementa*, mortero y ladrillo. En conclusión, las armaduras internas de ladrillo empleadas en las bóvedas romanas tenían una finalidad puramente constructiva, sin

ser estructuralmente necesarias en el estado final de la bóveda.

En las bóvedas de cañón de la Basílica de Majencio se emplearon nervios de ladrillo aislados. Los nervios se encontraban separados una distancia de 2,40 m aproximadamente, que corresponde al ancho de los casetones que aligeraban, a la vez que decoraban, el intradós de las bóvedas. Su espesor era doble, lo que corresponde a 1,20 m, de acuerdo con lo establecido anteriormente acerca del uso de ladrillos de 60 cm en su lado mayor. Este gran espesor de los nervios de ladrillo es necesario debido a la enorme luz y embergadura de las bóvedas.

Construcción de bóvedas de arista

La complicación de una bóveda de arista reside en su trazo y en la construcción de las cimbras pertinentes. En el caso de la Basílica, los dos cañones que forman la bóveda de arista son ligeramente diferentes. La bóveda cuyo eje es transversal a la nave tiene una luz de 24,8 m aproximadamente, frente a los 23,0 m de la otra bóveda.

La curva ideal de intersección de tales cañones no está contenida en un plano y su trazado y construcción son complicados. Probablemente las intersecciones fueron simplificadas para que la construcción de las cimbras de madera y nervios de ladrillo resultase más sencilla.

En este caso, las nervaduras se colocaban a lo largo de los arcos principales de la bóveda, tanto formeros como cruceros. Las tipologías de nervios empleadas en la Basílica pueden verse en la figura 6 representados por Durm.

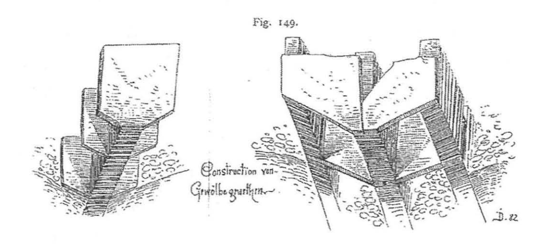


Figura 6
Nervios de ladrillo de las bóvedas de arista de la Basílica de Majencio según Durm (1885). Los ladrillos se recortaban para formar las aristas

Para la ejecución de los casetones que dan relieve al intradós se construían moldes de madera que se colocaban directamente sobre la cimbra inicial, también de madera, y se fijaban en su posición definitiva. Sólo una vez todos estos moldes estaban en su lugar se procedía a levantar los nervios de ladrillo, los cuales se veían afectados, en el caso que nos concierne, por la existencia de relieves menores situados en las esquinas entre los casetones mayores. Estos pequeños casetones desplazaban ligera,ente los ladrillos en la dirección radial.

ANÁLISIS ESTÁTICO DE LA BASÍLICA

La teoría plástica

Jacques Heyman[5] ha recuperado, en décadas recientes, el análisis tradicional de las estructuras de fábrica validándolo definitivamente al englobarlo dentro del marco de la teoría plástica del cálculo de estructuras.

El hormigón romano se puede considerar un ejemplo más del material fábrica.

La aplicación de la teoría plástica al material fábrica es posible gracias a tres hipótesis:

1. La resistencia a tracción es nula. En el caso del *opus caementicium*, en el que el mortero proporciona una trabazón al conjunto, convirtiéndolo en cuasi-monolítico, esta hipótesis podría parecer excesivamente segura. No obstante, la existencia de capas de *caementa* y la incertidumbre a cerca de las «entrañas» del material, de su verdadera composición, permiten adoptar esta hipótesis sin que el grado de seguridad sobrepase lo razonable.
2. La resistencia a compresión es infinita. Para el *opus caementicium*, la resistencia a compresión puede rondar los 30 MPa. En la mayoría de los casos, las tensiones no alcanzan ni siquiera un 10% de esta resistencia, hallándose entre 0,5 y 1,0 Mpa.
3. El fallo por deslizamiento es imposible.

Adoptando estas hipótesis se deduce que «el modo de rotura por articulación en un borde libre ... es el único posible», en palabras de Heyman. Se trata, por tanto, de un problema de estabilidad.

Esquema de comportamiento estático de la Basílica de Majencio

El gran reto estructural de la basílica de Majencio radica en su escala. El esquema estructural es el siguiente. Cada bóveda de arista de la nave central ejerce, en sus cuatro puntos de apoyo, empujes oblicuos. En las dos crujías interiores, B y C (figura 7), en las que se encuentran dos bóvedas iguales, las componentes de los empujes en la dirección longitudinal de la basílica se contrarrestan, encontrándonos únicamente con la resultante en el plano transversal.

Por el contrario, al estudiar las crujías A y D nos encontramos con que las componentes longitudinales de los empujes habrán de ser contrarrestadas por los muros exteriores, oeste y este respectivamente, y por los elementos de contención adheridos a éstos, como el ábside semicircular rematando el muro oeste y el pórtico de bóvedas de arista junto al muro este.

En cuanto a la resultante en el plano transversal, éste es contrarrestado por los gruesos muros de las naves laterales, inteligentemente situados a lo largo de las crujías transversales (A a D), rematados por unos contrafuertes en forma de cuña que llegan hasta el nivel de la cubierta de las bóvedas de arista.

Sobre estos muros transversales apoyan las bóvedas de cañón, que únicamente ejercen empujes en la dirección longitudinal de la Basílica (este-oeste). Al igual que ocurría con la bóvedas de arista, en las crujías B y C, los empujes horizontales se contrarrestan. En cambio, en las crujías A y D la componente horizontal (longitudinal) habrá de ser contenida por el muro y elementos complementarios al mismo.

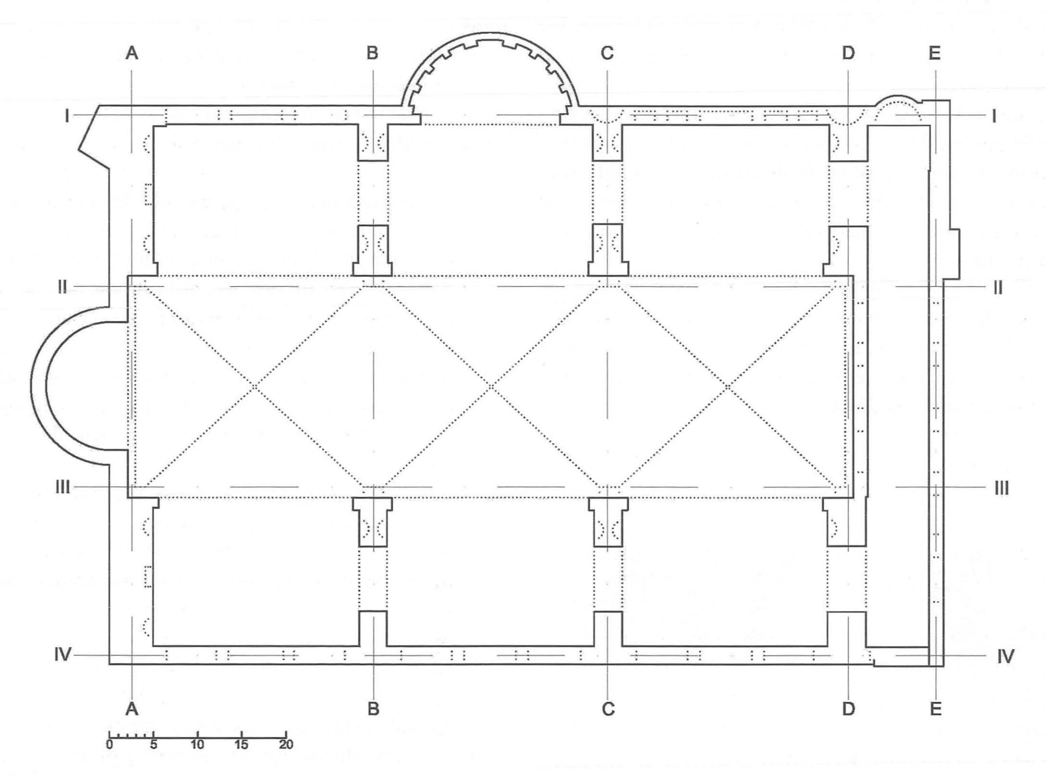


Figura 7
Planta esquemática de la Basílica de Majencio

Debido a la configuración del terreno natural sobre el que se asienta la Basílica, la base del muro oeste de la Basílica está hasta 8,00 m más baja que la del muro este. Este aumento de altura hace de este muro el punto crítico de la estructura, lo que obligó a incorporar elementos de refuerzo en el mismo. Se construyeron así hasta cuatro sistemas de contrarresto adicionales.

Se han analizado los dos elementos más susceptibles de fallo por diseño del conjunto: la bóveda de cañón entre las crujías A y B de la nave norte y la bóveda de arista contigua a la misma, ambas cargando sobre el muro oeste, el más alto del edificio.

Bóvedas de cañón

Para analizar una bóveda de cañón basta considerar una rebanada de la misma, asemejándola al correspondiente arco de medio punto.

Se hallará la línea de empuje mínimo, que será tangente al extradós de la bóveda en la clave y al intradós en algún punto intermedio entre el arranque y la clave, cuya posición dependerá del espesor de la bóveda y de los materiales que la compongan.

Se halla la línea de empuje mínimo, obteniéndose un arco triarticulado (Lámina II) que no es en ningún caso un mecanismo. El mecanismo sólo se presentaría con la formación de una cuarta rótula en la cara exterior del muro sobre el que se apoya la bóveda.

Por el contrario, la bóveda se demostrará estable si esta última rótula no llega a formarse, o lo que es lo mismo, si la línea de empujes permanece dentro del muro en toda la altura de éste.

La geometría tomada para el análisis se ha obtenido de levantamientos fotogramétricos y mediciones geodésicas recientes. Siedler, Hemmleb y Sacher (2002)[6] nos ofrecen una planta de los restos de la Basílica a escala 1/25 realizada empleando una estación total de la que es posible leer algunas medidas claves para construir una sección de la nave. A.S. Ferretti[7] aporta el resto de medidas necesarias para completar la sección.

Ferreti acompaña su análisis de la basílica con un levantamiento del intradós de la bóveda noroeste llevada a cabo por la Compañía Técnica Fratini y Moriconi, y con el levantamiento de las secciones de las cubiertas realizadas por la Cooperativa Archeologica. Con esta documentación Ferretti ofrece una serie de medidas de los elementos de la Basílica.

La sección adoptada puede verse en la figura 8. Las luces de las bóvedas son 23,20 m aproximadamente y las flechas están en torno a los 24,50 m por encima del piso interior de la Basílica.

Las bóvedas están decoradas mediante casetones que sirven, a su vez, para aligerar su peso. El volumen de hormigón suprimido por cada casetón, de acuerdo con las medidas proporcionadas por Fokus GmbH (Giavarini 2005), es de 2,24 m^3. Esto equivale a una reducción de volumen de 0,32 m^3/m^2 por toda la superficie del intradós de las bóvedas, que supone entre un 18 % del espesor en la clave y un 4% en los riñones.

Se analizará la bóveda, por su envergadura, como un elemento sometido únicamente a su peso propio. Esta hipótesis es válida ya que las demás cargas superficiales (sobrecarga de uso, viento, nieve etc.) son despreciables en comparación a la magnitud del peso propio de la estructura.

Se realiza la siguiente hipótesis a cerca de las densidades del material empleado en las bóvedas de cañón (figura 8):

1. Hormigón ligero en el tercio superior de la bóveda, a partir de los 16,50 m: $\rho = 13{,}50$ kN/m^3.
2. Hormigón de peso medio en el tramo intermedio de la edificación, por debajo del tercio superior y por encima de los 7,00 m: $\rho = 17{,}00$ kN/m^3.
3. Hormigón denso en el tramo inferior de los muros, hasta los 7,00 m por encima del nivel interior de la Basílica, y hormigón del contrafuerte paralelo al muro colocado sobre este, en la cubierta del edificio: $\rho = 22{,}00$ kN/m^3.

Se considerará que la sección analizada no cuenta con más sistema de contrarresto que el propio muro sobre el que se apoya. Se analizará sin considerar la reducción de ,asa ocasionada por los casetones anteriormente descritos.

Se emplea un sistema imaginario de planos de corte para la división de la bóveda en segmentos . Se trata de un conjunto de planos verticales, paralelos entre sí y equidistantes (figura 9). Debido a la simetría de la bóveda, bastará con evaluar la mitad de la misma.

La línea de empuje mínimo es tangente al extradós de la bóveda en la clave y al intradós en un punto

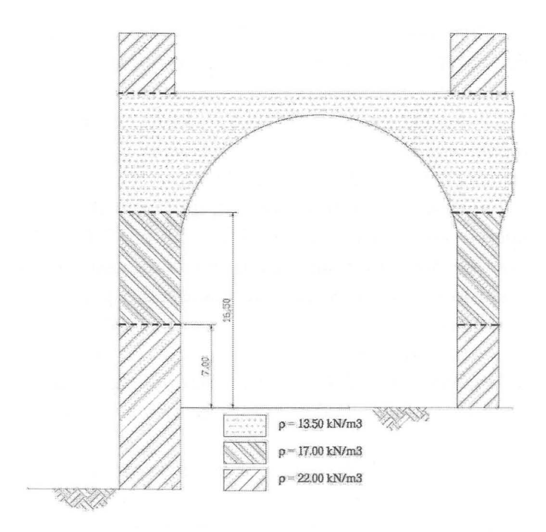


Figura 8
Esquema mostrando la hipótesis de cálculo adoptada referente a la densidad del hormigón de las bóvedas de cañón de la Basílica de Majencio

17,70 m sobre el nivel interior de la Basílica, en los riñones, a menos de 1 m del arranque en horizontal. Se estima que el empuje horizontal de la bóveda es 240 kN/m.

Se completa la línea de empujes dibujando su recorrido a lo largo del muro sobre el que apoya la bóveda. Las divisiones en el muro se realizan mediante planos de corte horizontales. Se observa en la línea de empujes resultante cómo el peso de la cabeza del muro centra las cargas de modo que la línea de empujes queda contenida dentro de una franja central del muro.

La línea de empuje, cae en la base del muro, próxima al tercio central del mismo, con lo que se obtiene un coeficiente de seguridad ligeramente inferior a 3, confirmándose la estabilidad de la bóveda.

Si se computa la reducción de masa que supone la existencia de los casetones descritos en el punto anterior, ésta supone una reducción aproximada de un 10% del peso total de la bóveda. Esta reducción de peso conlleva una reducción del empuje de la bóveda en un 10%, por lo que la resultante en la base del muro quedaría, finalmente, dentro del tercio central del mismo.

Nave central: bóvedas de arista

Las bóvedas de arista son el resultado de la intersección de dos bóvedas de cañón. Estructuralmente, este concepto sencillo supone un gran avance. Las cargas serán canalizadas en las líneas de intersección de las bóvedas de cañón, y conducidas a las cuatro esquinas de la bóveda de arista. Por lo tanto, dejamos de tener reacciones lineales en los apoyos corridos, como ocurría en las bóvedas de cañón, para pasar a trabajar con reacciones puntuales localizadas en las cuatro esquinas de la bóveda de arista. Este fenómeno permite que la bóveda se apoye únicamente sobre dichos cuatro puntos.

El análisis de las bóvedas de arista se puede llevar a cabo mediante el método de los cortes. Este método fue descrito por primera vez por Frézier en su tratado de estereotomía de 1737.[8] El método consiste en considerar cada uno de los 4 tramos de la bóveda compuesto de arcos elementales paralelos, que trabajan de forma independiente unos de otros, y cuyos empujes se recogen en los arcos diagonales. Los arcos diagonales son finalmente analizados, suponiéndolos sometidos a los empujes de los arcos elementales citados y suponiéndolos una vez más independientes del resto de la bóveda en su funcionamiento. Heyman (1999) explica la idoneidad de este método diciendo que el teorema de la seguridad confirma que, si una cúpula seccionada se mantiene en pie, también lo hará dicha cúpula sin seccionar.

Puesto que una bóveda de arista recta tiene doble simetría, para su análisis bastará estudiar un cuarto de la misma. El empuje en las cuatro esquinas será el mismo.

Geometría:

De la nave central de la Basílica de Majencio sólo permanecen en su posición original los arranques de algunos arcos cruceros en el lado norte, así como las huellas de los elementos sustentantes.

Contando únicamente con la geometría de la planta de los apoyos, se ha procedido a estimar una geometría que responde a los datos conocidos sobre la Basílica y a la similitud de ésta con otros edificios aún conservados, como Santa Maria degli Angeli en Roma.

La figura 12 muestra la bóveda tal y como se ha considerado en este análisis. Se conocen la luz transversal de la nave (25,44 m de valor medio) y la luz de cada bóveda que la cruza se puede estimar como la luz de la bóveda de cañón de la nave norte más la

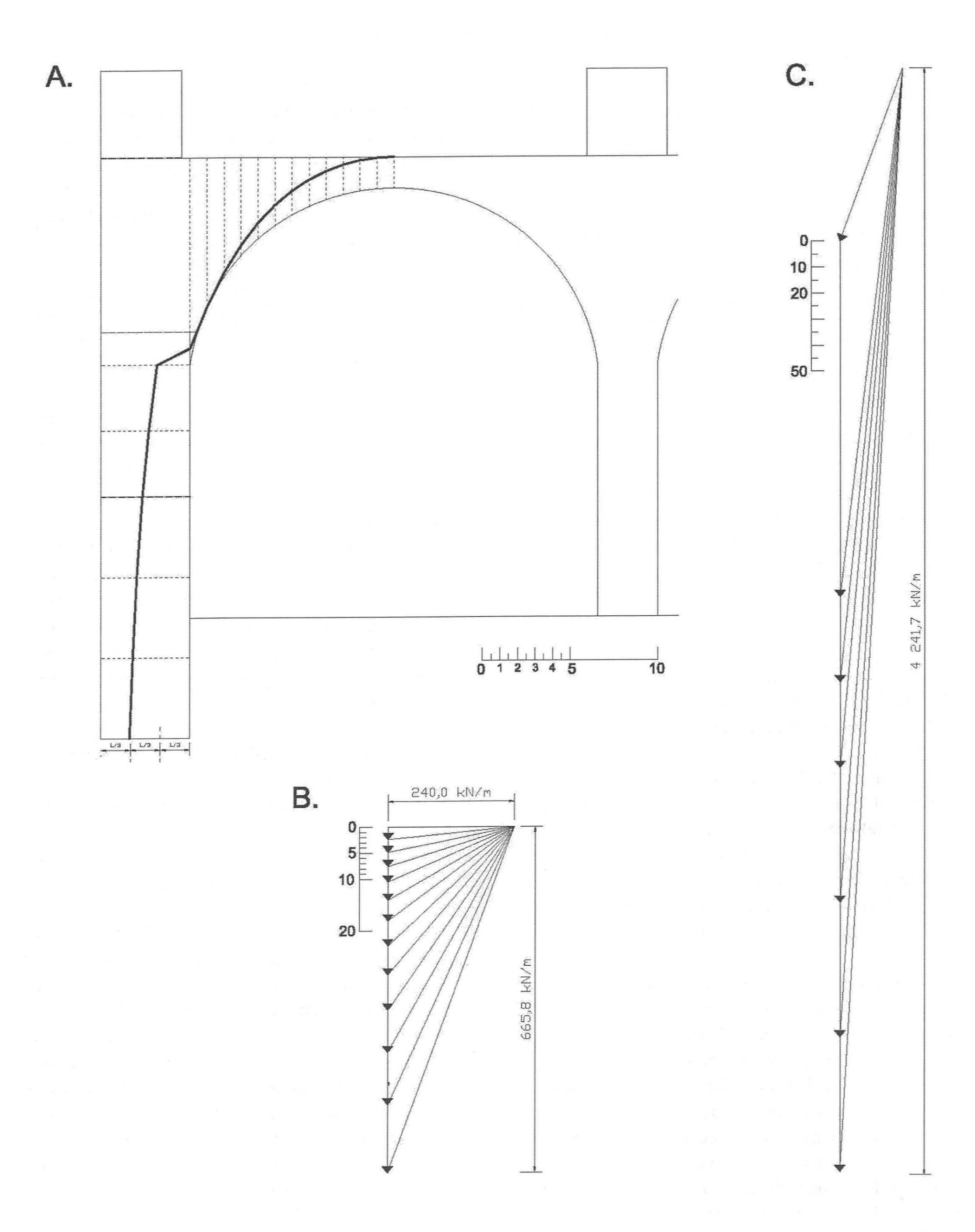


Figura 9
Polígono de fuerzas y línea de empujes de la bóveda de cañón noroeste

mitad de los espesores de los muros sobre los que apoyan (23,56 + 3,24 = 26,80 m). Las tres bóvedas de arista se suponen iguales.

No obstante, observando los restos de los arranques de las bóvedas que aún permanecen en pie vemos que entre esquinas de bóvedas contiguas existe un segemento de la nave cubierto por un tramo de bóveda de cañón sencilla, prolongación de la bóveda longitudinal que genera las bóvedas de arista. El ancho de estos segmentos de estima en 2,0 m Esto significa que la luz de las bóvedas de cañón transversales es 2 m menor al valor establecido en el párrafo anterior, resultando:

$$L_{\text{bóveda transversal}} = 26{,}80 - 2{,}00 = 24{,}80 \text{ m}$$

Se puede apreciar también que el intradós de la bóveda de cañón longitudinal se separa del final de las bóvedas de la nave norte. Esto indica que la luz de dicha bóveda será menor que la luz total de la nave. Se estima que la separación entre el intradós y el límite de la nave es 1,2 m, por lo que la luz resultante de la bóveda de cañón longitudinal será:

$$L_{\text{bóveda longitudinal}} = 25{,}44 - 2 \times 1{,}20 = 23{,}04 \text{ m}$$

Como se desprende de las medidas anteriores, se trata de bóvedas de arista de planta rectangular cuya flecha viene definida por la luz mayor, y cuyas líneas de intersección (arcos diagonales) no se encuentran contenidas en un plano. No obstante, tal como se describía anteriormente, se supone una simplificación que considera que las intersecciones de las bóvedas son líneas contenidas en los planos verticales que contienen a las diagonales del rectángulo que forma la bóveda en planta. Se ha definido el arco de intersección entre los cañones como el cruce del cañón mayor con dicho plano vertical, lo que implica que la bóveda menor no se considere un cañón perfecto, sino una superficie con doble curvatura que atraviesa las curvas diagonales y es horizontal en la clave.

En cuanto al perfil de la cubierta, por lo que se conoce sobre arquitectura romana, se sabe que sería una cubierta de planos quebrados (figura 10). Sobre cada bóveda de arista se sitúa una cubierta de 8 faldones que recoge el agua en las líneas diagonales, llevándola a las 4 esquinas.

Puesto que no se conocen datos geométricos de esta cubierta, se ha definido suponiendo un espesor

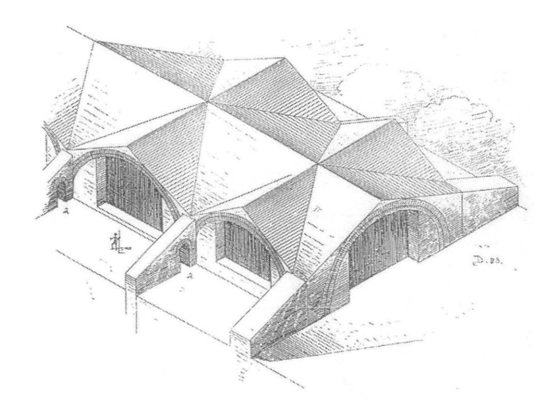


Figura 10
Reconstrucción de la cubierta de la Basílica de Majencio, según Durm (1885)

mínimo del hormigón de la bóveda de 1,80 m[9] y una pendiente de 23°, aproximadamente un 41%. Esta geometría supone un espesor en la clave de 3,0 m y en los arranques de 3,7 m, aproximadamente.

En cuanto al ábside que remata la nave central, éste es de planta semicircular. El espesor del muro no se ha considerado constante, sino que se ha supuesto un escalón a media altura. La semicúpula que remata el ábside se ha tomando del ábside que aún se conserva parcialmente en la nave norte. Resulta una semicúpula esférica, completa en el interior y rebajada en el exterior, tal como se aprecia en la figura 11.

Las hipótesis a cerca de los materiales que conforman las bóvedas, tal como están representadas en la figura 11, son las siguientes:

1. Hormigón ligero en el tercio superior de la bóveda medido a partir del arranque de la misma, es decir, por encima de los 10,25 m: $\rho = 13{,}50$ kN/m^3.
2. Hormigón de peso medio en los dos tercios inferiores de la bóveda, desde su arranque hasta los 10,25 m: $\rho = 16{,}00$ kN/m^3.
3. Hormigón en la parte inferior de los muros y elementos de contrarresto: $\rho = 22{,}00$ kN/m^3.

Al estimar la estabilidad, se simplifica el cálculo suponiendo que la resultante de las componentes horizontales de los empujes de los arcos elementales

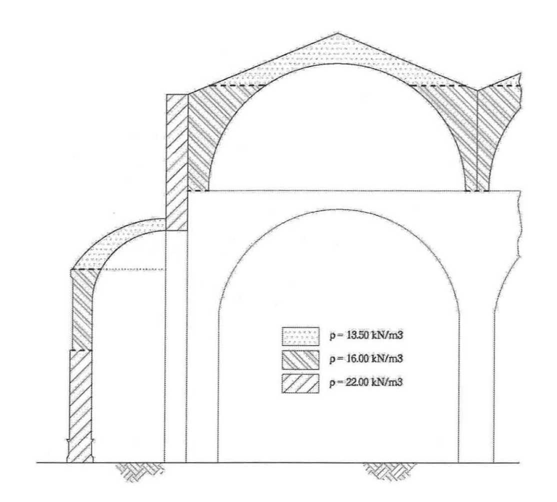


Figura 11
Esquema mostrando la hipótesis de cálculo adoptada referente a la densidad del hormigón de las bóvedas de arista de la Basílica de Majencio

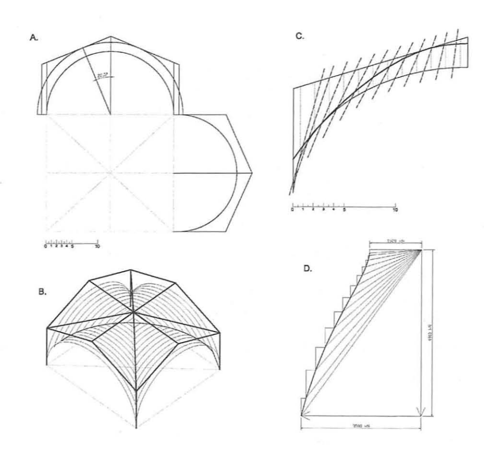


Figura 12
Geometría adoptada, planos de corte, polígono de fuerzas y línea de empujes a lo largo de la diagonal de la bóveda de arista oeste

queda contenida en el plano del arco diagonal. Esta simplificación es aceptable puesto que la desviación es mínima.

Una vez conocidas las fuerzas que actúan sobre el arco diagonal, se dibuja su polígono de fuerzas y su línea de empuje mínimo (figura 12).

Se estima que el empuje horizontal de la bóveda es 3500 kN en cada esquina.

Al descomponer este empuje en las direcciones longitudinal y transversal de la nave, obtenemos un empuje horizontal perpendicular al muro oeste de 2564 kN, mientras que en la direccion paralela al muro es 2382 kN.

Se comprueba la estabilidad de los sistemas de contrarresto actuando en la dirección longitudinal y transversal de la bóveda. La componente longitudinal del empuje, que actúa tranversalmente al muro, se compondrá con el peso, obteniéndose una fuerza inclinada, contenida en un plano vertical y perpendicular al muro oeste. Precisamente el muro oeste, que es el más alto, está rematado en la nave central con un ábside que contribuye a asegurar la estabilidad del conjunto. Se determina el peso de dicho ábside y su centro de gravedad. Su peso se compone con el empuje de la bóveda para obtener el recorrido de la línea de empujes. Se comprueba que la línea queda en todo momento dentro de la sección del ábside, como se puede ver en la figura 13.

La segunda fuerza será una fuerza horizontal, actuando en la dirección transversal a la nave, es decir, en el plano del muro oeste de la Basílica. Esta fuerza cuenta como contrarresto con toda la longitud del propio muro, por lo que no será causante de inestabilidad.

No obstante, las bóvedas de la nave central no se han mantenido en pie hasta nuestros días. No cabe duda, por las fuentes pictóricas conservadas, que dichas bóvedas se arruinaron antes del siglo XIV. La mayoría de la literatura sobre la Basílica coincide en afirmar que el colapso fue debido a un terremoto, sin que exista acuerdo a cerca de la fecha del terremoto en cuestión ni tampoco algún tipo de demostración. La investigación aquí presentada pretende encaminarse hacia un estudio mas detallado sobre el fallo de las naves central y sur de la Basílica de Majencio para comprender mejor las causas y mecanismos que originaron su colapso.

Conclusiones

- La Basílica de Majencio, comenzado por el emperador Majencio en el 307 d.C. y completado

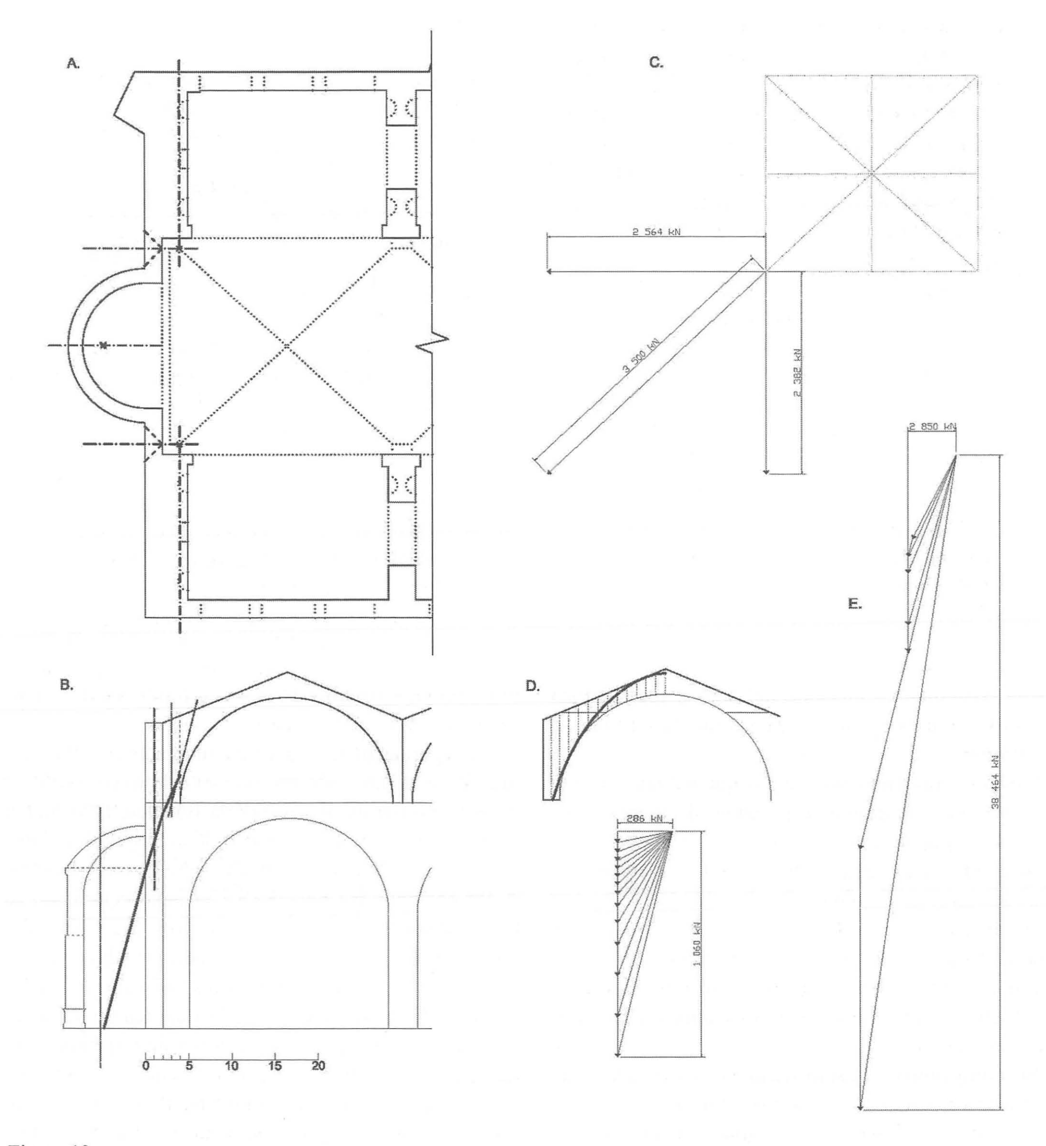


Figura 13
Polígonos de fuerzas y líneas de empuje para la comprobación de la estabilidad del muro oeste

por el emperador Constantino unos 6 años después, contaba con las mayores bóvedas de arista y de cañón, todas ellas de hormigón, construidas por el Imperio Romano que se conocen hoy en día.

– La Basílica es una hazaña de ingeniería y construcción y es una prueba viva de los avanzados conocimientos sobre estos campos que tenían los romanos en la época del Bajo Imperio. Así lo confirman los recientes estudios re-

alizados sobre las cimentaciones del edificio y el inteligente diseño de los sistemas de contrarresto empleados en los muros este y oeste.

- Las nervaduras de ladrillo presentes en las bóvedas de hormigón de la Basílica responden a la técnica constructiva y no a una necesidad estructural del edificio terminado. El empleo de dichos nervios servía para simplificar la ejecución de las cimbras de madera empleadas en la construcción de las bóvedas, pues entraban en carga bajo la acción del peso propio del hormigón fresco.
- Actualmente sólo se encuentran en pie las tres bóvedas de cañón que conformaban la nave norte de la Basílica. Se desconoce la fecha de colapso de las otras dos naves, cuyas cimentaciones no se situaban sobre terreno virgen, sino sobre restos de edificaciones anteriores arrasadas por el fuego (*horreas* del mercado neroniano), si bien se cree que pudo haber sido por culpa de un terremoto.
- El análisis estático de las bóvedas y sistemas de contrarresto críticos de la Basílica se ha llevado a cabo bajo el marco del análisis límite de estructuras de fábrica, que se trata del análisis tradicional de estas estructuras, recuperado por el profesor Heyman y validado definitivamente englobándolo dentro del marco de la teoría plástica del cálculo de estructuras.
- Se han localizado los casos críticos para la estabilidad de los dos tipos de bóvedas de la Basílica de Majencio.
- El punto crítico para las bóvedas de cañón se sitúa en la bóveda noroeste, en su apoyo sobre el muro oeste en el punto más alejado del gran contrafuerte que originalmente contribuía al sustento de las bóvedas en la esquina noroeste. Se ha demostrado que, bajo las hipótesis adoptadas, ampliamente razonadas, esta bóveda resulta estable, situándose la línea de empujes dentro del tercio central de la base del muro de contrarresto.
- El punto crítico para las bóvedas de arista se sitúa en su apoyo sobre el muro oeste, ya que éste es el más alto de la basílica. Contribuye en el contrarresto del empuje la existencia de un ábside adosado al muro, y gracias a la acción de éste la línea de empujes queda centrada, contenida dentro de la planta del ábside.

NOTAS

1. Minoprio, A. 1925; Barosso, M. 1940; Giavarini, C. 2005.
2. Calabresi, Giovanni, en *Subsoil and Foundations*, capítulo 3 de Giavarini 2005.
3. D'Espouy, Hector-Marie Désiré. 1889. Estudio de la Basílica de Majencio durante su disfrute del Prix de Rome de la Academia de Francia en Roma.
4. Choisy, A. 1873. Traducción al español, 1999, 31.
5. Heyman, J. 1966. «The Stone Skeleton», *International Journal of Solids and Structures* 2: 249–79.
6. Siedler, Gunnar; Hemmleb, Matthias; Sacher, Gisbert. 2002. El artículo, del que se ha podido obtener una planta de la Basílica de Majencio, describe el levantamiento llevado a cabo por Fokus GmbH en el año 2000, y que quedó englobado en las investigaciones y trabajos coordinados por el CISTeC, bajo la dirección de Carlo Giavarini (2005).
7. Giavarini, C. 2005. Chapter 6: *The Structures of the Basilica*. Ferreti acompaña su análisis de la basílica con un levantamiento del intradós de la bóveda noroeste llevada a cabo por la Compañía Técnica Fratini y Moriconi, y con el levantamiento de las secciones de las cubiertas realizadas por la Cooperativa Archeologica. Con esta documentación Ferretti ofrece una serie de medidas de los elementos de la Basílica.
8. *La théorie et la pratique de la coupe de pierres et des bois pour la construction des voutes et autres parties des batiments civils et militaries, ou traité de stéréotomie à l'usage de l'architecture.* Estrasburgo/París: Charles-Antoine Jombert (fuente: Huerta 2004).
9. Dato sugerido por A. Ferretti (Giavarini 2005).

LISTA DE REFERENCIAS

Adam, Jean-Pierre. 1989. *La construction romaine, matériaux et techniques*. París: A. et J. Picard. Traducción al español: 2002. *La construcción romana, materiales y técnicas.* León: Editorial de los Oficios.

Barosso, Maria. 1940. «Le construzioni sottostanti la Basilica Massenziana e la Velia». *Atti del V Congresso Nazionale di Studi Romani*, vol. 2. Roma: Istituto di Studi Romani Editore.

Choisy, Auguste. 1873. *L'art de bâtir chez les Romains.* París: Librairie générale de l'architecture et des travauz publics Ducher et Cie. Traducción al español: 1999. *El arte de construir en Roma.* Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Durm, Joseph. 1885. *Handbuch der Architektur: Die baukunst der Etrusker; Die Baukunst der Römer.* Darmstadt: Bergsträsser.

Giavarini, Carlo (ed.). 2005. *The Basilica of Maxentius. The Monument, its Materials, Construction, and Stability*. Roma: «L'Erma» di Bretschneider: Università di Roma «La Sapienza». Centro di ricerca Scienza e Tecnica per la conservazione del patrimonio storico-architettonico (CISTeC).

Giovannoni, Gustavo. 1925 (1994). *La tecnica della costruzione presso i romani*. Roma: Bardi Editore.

Heyman, Jacques. 1995. *The Stone Skeleton*. Cambridge (UK): Cambridge University Press. Traducción al español: 1999. *El esqueleto de piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Huerta, Santiago. 2004. *Arcos, bóvedas y cúpulas. Geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Lancaster, Lynne C. 2005. *Concrete vaulted construction in Imperial Rome: innovations in context*. New York: Cambridge University Press.

Lugli, Giuseppe. 1957. *La tecnica edilizia romana con particolare rigardo a Roma e Lazio*. Roma: Presso Giovanni Bardi Editore.

Minoprio, Anthony. 1932. «A restoration of the Basilica of Constantine, Rome». *Papers of the British School at Rome* 12: 1–25.

Siedler, Gunnar; Hemmleb, Matthias; Sacher, Gisbert. 2002. «Documentation of the Basilica of Maxentius in Rome – methods for providing foundations for monument research». *International archives of photogrammetry remote sensing and spatial information sciences*. Londres: Natural Resources Canada.

El alero de la fachada del palacio de Pedro I en el Alcázar de Sevilla. Análisis de su estructura

Antonio Almagro Gorbea

En el transcurso de los trabajos que se han llevado acabo recientemente para restaurar la fachada del palacio de Pedro I en el Alcázar de Sevilla (figura 1) (Almagro 2009), hemos tenido ocasión de analizar con detenimiento la disposición constructiva de su alero, que con más de 1,60 m de vuelo constituye, además de una obra notable desde el punto de vista artístico, un cierto alarde constructivo. Pese a tratarse de uno de los elementos más vistosos y notorios del Alcázar, la fachada, y en concreto su alero, no han sido hasta ahora objeto de atención especial por sus aspectos constructivos, pese a que muestran la sabiduría y buen hacer de sus constructores. La obra está perfectamente datada por la inscripción castellana que bordea otra árabe de muy ingenioso diseño, situadas justo debajo del tejaroz y que nos da la fecha de 1364.

Es probable que esta falta de atención haya venido en parte motivada por la ignorancia de su propia realidad que resulta difícil de conocer mediante el simple análisis visual. Hay que tener en cuenta que hasta hace poco tiempo se carecía de buena planimetría de este palacio, y en especial de secciones adecuadas que permitieran entender y analizar la naturaleza espacial y constructiva de un organismo arquitectónico relativamente complejo. Desde que publicamos la planimetría del Alcázar realizada por la Escuela de Estudios Árabes (Almagro 2000) dispusimos de un instrumento eficaz para comprender la organización espacial del edificio. En la reimpresión posterior de esta obra pudimos incorporar algunos detalles constructivos, especialmente de la organización estructural de las cubiertas, que no habíamos podido introducir en la primera edición. Sin embargo, seguíamos teniendo lagunas en nuestro conocimiento relativas a algunas partes del monumento que resultaban absolutamente inaccesibles. Una de esas zonas era la que correspondía al espacio entre el alero y la cubierta, al que sólo se podía entrar abriendo un boquete en el tejado.

Con motivo de las obras antes aludidas nos planteamos la posibilidad de desmontar la cubierta existente entre el borde del alero y el cuerpo sobreelevado de la sala de audiencias del piso alto del palacio, que aunque tenía aspecto de conservarse en buen estado, resultaba el único lugar por el que se podía acceder al espacio que se suponía había entre la el alero y el tejado. Pese a que efectivamente se ha comprobado el buen estado en que se encontraba la estructura, la operación ha merecido la pena ya que aparte de que resultaba imprescindible, aprovechando la disponibilidad de un buen andamio, asegurarse de su buen comportamiento, la inspección realizada nos ha permitido conocer el modo en que se dispuso originalmente y la forma en que fue reforzada con posterioridad.

La portada del palacio está formada por un frente de 11,50 m de ancho y 15,90 m de alto, erigido todo él en piedra de cantería. Para su construcción se utilizaron dos tipos de piedra arenisca caliza, una de grano más grueso usada en la parte baja, en los paramentos que flanquean la puerta, y otra de grano más fino y más blanda utilizada para realizar los paños decorativos y en la parte superior. Aparte de la deco-

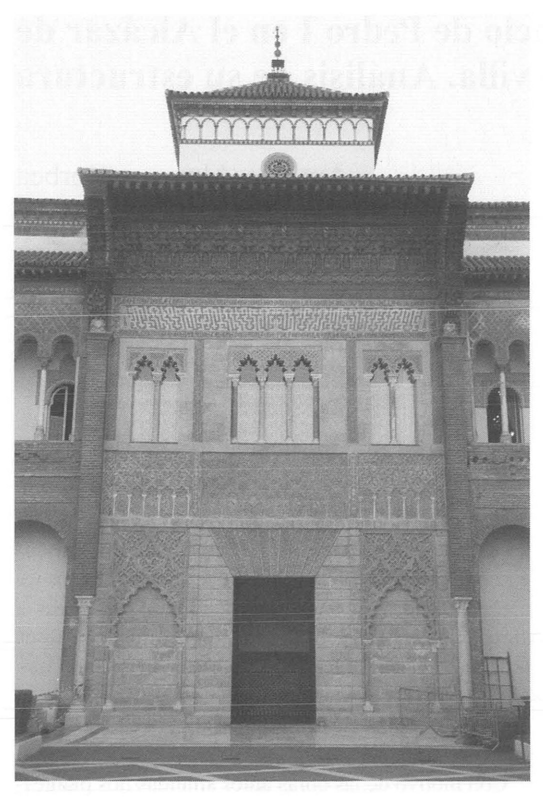


Figura 1
Fachada del palacio de Pedro I en el Alcázar de Sevilla

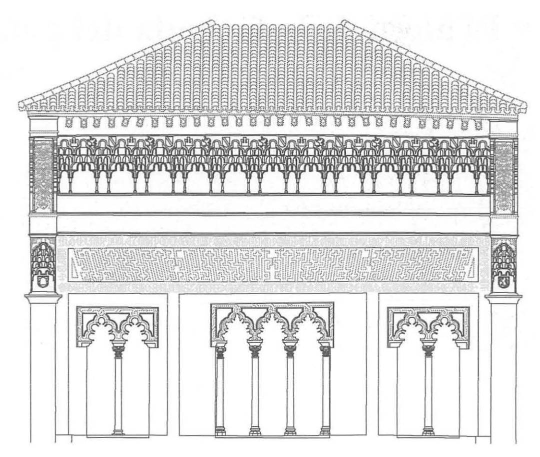


Figura 2
Alzado del Alero

ración labrada en piedra, existe otra realizada con piezas cerámicas vidriadas incrustadas en la piedra dando forma a motivos geométricos. Rematando el conjunto hay un paño epigráfico, con una inscripción en árabe de carácter geométrico y que contiene el lema de los nazaríes «Sólo Dios es vencedor», bordeada por otra inscripción en castellano que enaltece al rey como constructor del palacio y la fachada y nos informa de la fecha de realización: 1364.

Por encima de este registro epigráfico se desarrolla el gran alero de madera tallada y policromada que remata y protege la portada. Presenta un arrocabe con tres bandas separadas por otras tantas tocaduras (figuras 3 y 4). La tercera banda, de mayor altura, está formada por un friso de mocárabes que arrancan de columnillas de estilo nazarí. Apoyando en este friso, corre otra banda plana de la que salen los canes del alero que tienen un vuelo aparente de 1,60 m. La sección de los canes es de 19,3 por 12,7 cm, lo que supone una proporción de 3:2.

A ambos lados, el alero queda delimitado por dos grandes ménsulas compuestas por un cuerpo bajo de mocárabes y por otro superior conformado por dos tableros dispuestos perpendicularmente a la fachada que presentan un recorte en el frente con forma de lambrequines y entre los que queda una entrecalle de tablas onduladas decoradas de ataurique. Sobre este cuerpo central de la fachada, cerrado por el tejaroz que forma el alero, sobresale un volumen rematado con cubierta a cuatro aguas y que corresponde a la *qubba* de la mencionada sala de audiencias del piso superior del palacio.

La estructura del alero

La estructura del alero es relativamente sencilla, aunque sus constructores recurrieron a algunas soluciones ingeniosas para resolver el problema del anclaje de las vigas en ménsula de modo que estuviera bien equilibrado el momento que transmiten, así como a limitar en lo posible la carga que tenía que gravitar sobre ellas.

Debemos empezar analizando la composición en sección del muro de la portada que ya de por sí resul-

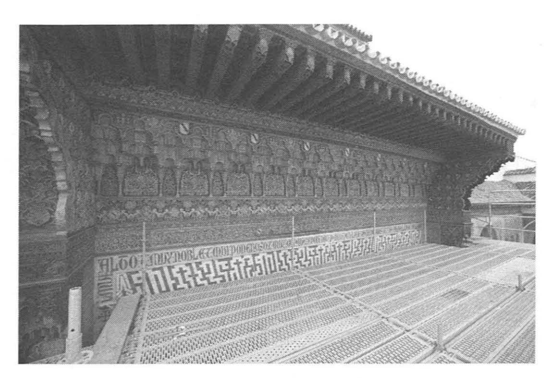


Figura 3
Vista del alero

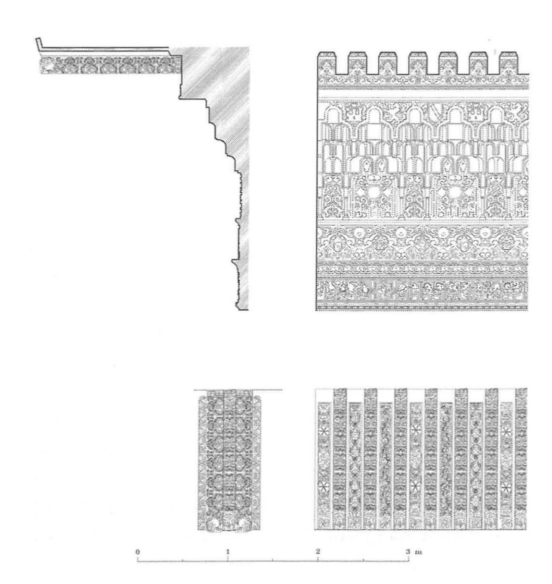


Figura 4
Detalle de la decoración del alero

ta sumamente interesante (figura 5). El cuerpo central de la fachada, construido en cantería, presenta en planta baja un espesor de 2,20 m, lo que permite que en la puerta, las hojas de cierre no sobresalgan por el interior cuando están abiertas. Sin embargo, al llegar al nivel de la planta superior, ese grueso muro sirve de apoyo a dos estructuras más ligeras. Una, el muro de fachada, cuya cara externa coincide con la del de planta baja, aunque su grosor queda reducido a 0,70 m. La otra estructura, situada a plomo de la cara interna del muro de planta baja, es un pórtico formado por arcos y columnas que soporta en la parte superior un muro de 0,54 m de espesor que se prolonga hacia arriba para formar la linterna y el torreón visible desde el exterior. Entre ambas estructuras, el muro de fachada y el pórtico, queda delimitada una galería incorporada al salón a través de aquél y con amplias ventanas hacia el exterior, que seguramente no tuvieron cerramiento alguno en sus orígenes. Esta galería se cubre con una bóveda de mocárabes sin ninguna función tectónica, salvo acaso la de servir de arriostramiento entre las dos paredes por la parte superior.

Una vez se inicia el arrocabe de madera, el muro de fachada sufre un ligero retranqueo hacia el interior quedando su espesor reducido a tan solo 45 cm. Lo mismo ocurre con el muro que apoya en la arquería que por encima de la bóveda de mocárabes pasa a tener similar grosor, quedando entre ambos un espacio de 1,24 m. Por encima del apoyo de las vigas del alero, el muro de fachada se reducía a cuatro pilares rectangulares que debieron tener unas vigas en su coronación para el asiento de la cubierta. Hoy los vanos entre pilares están macizados dando apariencia de muro continuo. Estos dos muros son los responsables de establecer el contrarresto al momento de vuelco del alero, de modo que el de la fachada recibe una solicitud de compresión, mientras el más interno la debería recibir de tracción, que queda compensada por el peso del torreón que carga sobre él.

El alero está sostenido por 30 vigas visibles más otras 4 ocultas dentro de las ménsulas extremas, de unos 4,70 m de longitud (figuras 6 y 7). La vigas visibles presentan un vuelo aparente de 1,60 m, quedando todo el resto oculto detrás del arrocabe y de los muros en que se insertan. El vuelo real de las ménsulas resulta sin embargo de 2,55 m desde la cara del muro más externo en que apoyan aunque, como ya veremos, esta luz se reduce teóricamente por la presencia de una viga longitudinal que les presta apoyo a 2,00 m de sus extremos. Las vigas de ménsula o canes llevan una tocadura a bisel de 5,5 cm de alto sobre las que apoyan las tablas del sofito. Canes, tocaduras y sofitos están primorosamente labrados y policromados (figuras 3 y 4).

Si consideramos como puntos de acción de las cargas los centros de los muros, el momento de

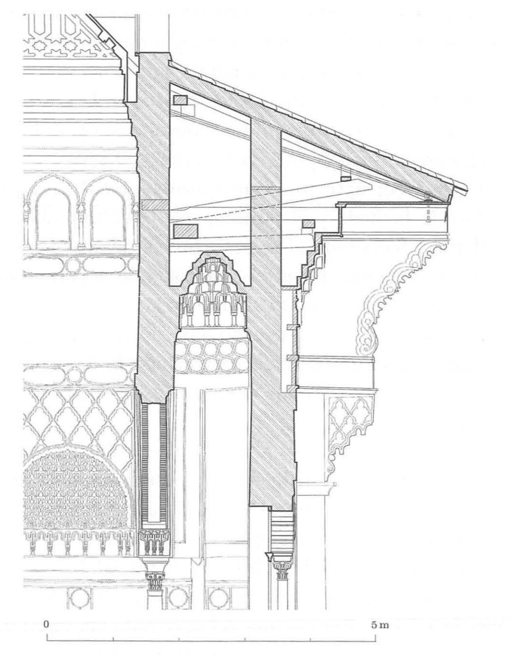


Figura 5
Sección del alero

Figura 6
Planta de la estructura del alero

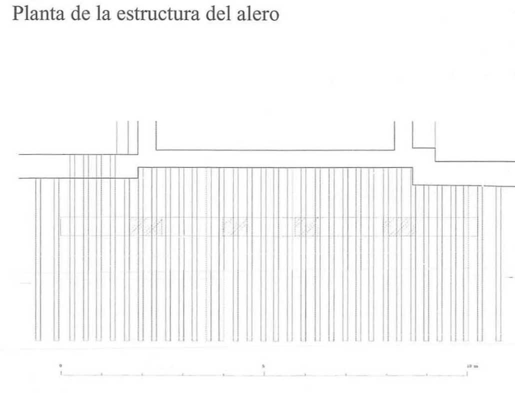


Figura 7
Planta de los canes del alero

vuelco que produce el vuelo de 2,77 m de las vigas se contrarresta con el par aplicado con un brazo o separación entre las fuerzas de equilibrio de 1,67 m, más que suficiente teniendo en cuenta que se trata de muros de fábrica de ladrillo de muy buena factura. Por tanto, se puede decir que el equilibrio general de la estructura del alero queda perfectamente garantizado.

Además de equilibrar adecuadamente las acciones de vuelco del alero trabajando como ménsula, los constructores buscaron limitar lo más posible la carga que gravitaba sobre éste, rediciéndola en la práctica al peso de las tejas y su estructura de soporte en una banda de unos 80 cm de ancho en el extremo del vuelo. El resto del peso del tejado era trasmitido a través de otros elementos de la estructura que quedaban totalmente ocultos. El tejado está sustentado por una estructura de parecillos que apoyan en los muros ya descritos en el borde del alero y en una viga corrida o correa situada aproximadamente en el centro del vano que queda entre el muro más exterior y el borde del alero, y que reduce la carga que gravita en dicho borde. Todos los pares parecen renovados, seguramente en la reforma que sufrió el alero en 1845 y de la que luego hablaremos. No obstante, se puede suponer que esta parte de la estructura actual es una simple réplica de la original.

La correa mencionada apoya en una serie de vigas perpendiculares, dispuestas en ménsula, que llevan disposición semejante a los canes, salvo que se trata de rollizos sin escuadrar que presentan una inclinación hacia arriba de unos 10°, mostrando apariencia de tornapuntas (figuras 5 y 8). Una disposición parecida se produce algo más abajo, con otra serie de rollizos en voladizo e inclinación de 2–3°, que soportan otra correa en la que apoyan los canes del alero reduciendo la luz de su vuelo en unos 50 cm.

Tanto los canes como las vigas inclinadas de la parte superior se empotran en el muro de la linterna

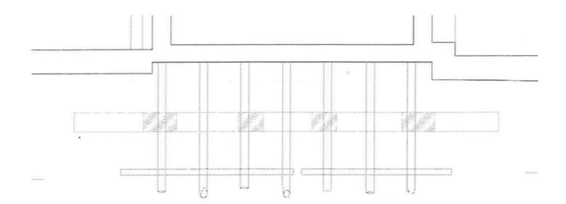


Figura 8
Planta de la vigas internas de descarga del alero

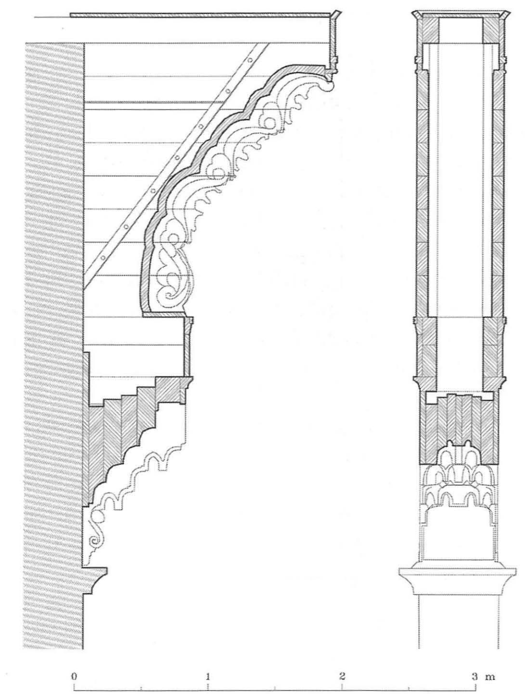


Figura 9
Sección de las ménsulas extremas del alero

de la *qubba* a la misma altura, justo debajo de una gran viga embebida en dicho muro que reparte las cargas de empuje hacia arriba que transmiten las piezas en ménsula. Otra gruesa viga, ésta no empotrada, se sitúa por encima de los apoyos de las vigas inclinadas del orden inferior, con la función igualmente de repartir los esfuerzos. Toda esta disposición interna trata de absorber la mayor parte posible del peso de la cubierta, liberando a los canes de soportar cargas.

Aunque la disposición inclinada de las vigas en ménsula no visibles pudiera hacer pensar que se trata de tornapuntas no es así. En realidad su colocación obedece a una adaptación a los lugares en que deben aplicar las cargas. Así, las del orden superior aprovechan la misma línea de empotramiento de los canes, por debajo de la viga embutida de reparto, pero se inclinan hacia arriba con el fin de que sus extremos alcancen el lugar en que deben sostener la correa y los pares de la cubierta. Algo similar ocurra con el orden inferior donde el empotramiento trasero se sitúa a la altura que marca una viga que, apoyada en las caras superiores, puede trasmitir esfuerzos a los canes y vigas inclinadas del nivel superior.

Como resumen, podemos decir que el alero se resuelve estructuralmente con una solución, a la vez sencilla e inteligente, mediante tres sistemas de vigas en ménsula situadas a distintos niveles que absorben las cargas del tejado. De ellos, uno queda visible en forma de canes ricamente decorados. Otros dos niveles quedan ocultos, uno absorbiendo parte de la carga del tejado y otro reduciendo el vuelo de las ménsulas aparentes. Todas las vigas quedan perfectamente equilibradas frente al momento de vuelco mediante empotramiento en dos muros paralelos.

Las dos grandes ménsulas decoradas que conforman los límites laterales del alero, pese a su apariencia compleja, resultan también de estructura simple. En la parte superior tiene cada ménsula dos vigas ocultas de dimensiones y disposición semejantes a las visibles del alero. En su base, las ménsulas arrancan de unas boveditas de mocárabes hechas con adarajas de madera verticales, sujetas al pilar de ladrillo al que se adosan. Sobre estas se disponen dos series de tabloncillos empotrados en el pilar mencionado y formando voladizo según puede verse en la figura 9. Actualmente los tabloncillos que forman el desarrollo principal de las ménsulas están unidos mediante tornillos a unos angulares metálicos colocados por el interior en forma de tornapuntas a finales del siglo XIX. No sabemos si estas piezas metálicas sustituyeron a otras semejantes de madera que además de apuntalar los extremos de las vigas superiores permitían solidarizar el conjunto de tablones que conforman las dos caras de cada ménsula, pero es muy probable que así fuera.

Las restauraciones del alero

Como parte sustancial de un edificio que se ha mantenido en uso de forma ininterrumpida durante seiscientos cuarenta años, el alero de la fachada ha sufrido numerosas intervenciones de mantenimiento y restauración. En su mayor parte se trató de repintes o refresco de su policromía, con pequeñas intervenciones de reparación puntual de las maderas. Sin embargo, a lo largo del siglo XIX fue objeto de dos importantes actuaciones que supusieron modificaciones y refuerzos de su estructura y que vamos a analizar por el interés que encierran en cuanto a la forma en que la han alterado.

En 1845, de acuerdo con la documentación escrita disponible, sabemos que se reparan las cubiertas de la fachada (Chávez 2004,71). Un documento de mayo de ese año describiendo las obras necesarias y su presupuesto, redactado por el Arquitecto Juan Manuel Caballero, nos dice:

> *Pórtico de Palacio:* necesita construirse de nuevo el tejado que cubre el guardapolvo árabe, suspender con una cadena de hierro y tornapunta de id. los parajuelos tallados, remendar los arbotantes resanando parte de los tableros y adornos que están podridos, poner dos fustes de columnas nuevos recambiando el zócalo de sillería, debiéndose juntar y dorar, dejándolo en la misma forma que antes tenía (Al margen: «urgente por amenazar próxima ruina»).

El 8 de noviembre del mismo año en otro documento se nos dice:

> El Pórtico general ha quedado concluido de la mano de albañiles, sólo falta para su conclusión colocar algunas tablas talladas que se están trabajando[1] y después pintarlo como estaba antiguamente lo que a la vez que adornará el exterior de la fachada, reservará la madera y los tallados que están al temporal, para esta pintura no hay presupuesto y una vez que esta obra no se puede considerar de las apremiantes, esperaré a formarlo a primeros del año próximo (Archivo Reales Alcázares de Sevilla 637–2, transcrito en Chávez 2004, 207).

La confirmación de todo lo dicho por estos documentos nos la ha proporcionado el hallazgo, con motivo de las obras que ahora hemos realizado, de un graffiti en el paramento exterior de la *qubba* alta con el siguiente texto: «Serrenovo este guardapolbo y se atiranto año de 1845» (sic). El atirantamiento al

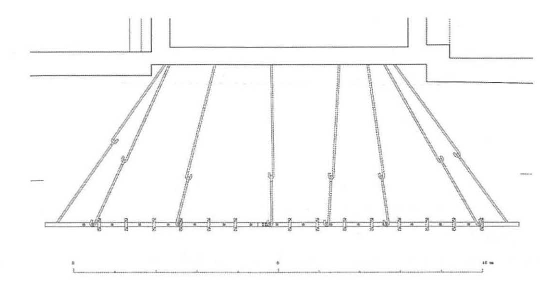


Figura 10
Planta del atirantado del alero realizado en 1845

que se alude consistió en la colocación de una pletina de hierro forjado que corre a todo lo largo del borde del alero y que sujeta mediante tirafondos y tornillos todas las cabezas de los canes (figura 10). Para esta fijación, alterna tornillos pasantes con cabeza visible en la cara inferior con pletinas que abrazan la pletina principal y que se fijan a la madera mediante dos tirafondos por la cara superior del can. La pletina está construida en dos trozos casi iguales unidos mediante solape con tornillos y tuercas de fabricación manual. Esta pletina lleva fijadas una serie de argollas a las que se unen 8 tirantes que se empotran en su otro extremo en el muro del cuerpo alto de la *qubba*. Esta estructura, realizada con esmero, resulta plenamente eficaz y aunque no llegó a devolver totalmente a su posición el lado derecho del alero que presenta un cedimiento bien visible, puede decirse que lo ha mantenido hasta ahora con absoluta estabilidad.

A finales de esa misma centuria se produce otra intervención dirigida por el arquitecto José Gómez Otero, quien en un informe redactado en agosto de 1894 nos expresa cuales eran las intenciones en esos momentos a la vista del estado de la fachada:

> Reconocidos detenidamente los aleros que cobijan la fachada principal del patio de Palacio de este Real Alcázar, se ha visto que a más de los deterioros que el tiempo ha causado en las partes más salientes deben atenderse minuciosamente los dos grandes soportes o canes estalactíticos que sustentan y decoran por sus extremos el alero de las portadas.
>
> Estos elementos de construcción decorada, que se apoyan en unas pilastras de ladrillo, son de madera como to-

dos los de su época, han perdido el enlace de sus piezas y a la vez casi toda la parte ornamentada en rica talla de sus caras exteriores, conservándose en buen estado las caras de adentro.

En este estado, y para evitar la pudrición forraron con plomo en época pasada las partes castigadas por las lluvias[2] y hoy, hasta aquél se halla despegado y roto, de modo que en vez de preservar, constituye un depósito de humedad contiguo a la madera que ayuda a destruir en vez de conservar.

Por esto y por encontrarse en malas condiciones las tornapuntas que interiormente tienen dichos canes, creo indispensable ejecutar las obras necesarias para consolidar estas y sus apoyos, que no hacer una obra de restauración que es imposible en las caras externas de los canes, sino una reconstrucción, utilizándose para ello los elementos decorativos de las caras interiores que se conservan y son todo lo amplios y precisos que se pudiera apetecer para hacer una lisa y fiel copia de lo ecsistente, sin introducir novedad alguna que es el fin a que debe aspirar en mi concepto, cuando hay necesidad de tocar a monumentos tan valiosos como el de que se trata (Archivo Reales Alcázares de Sevilla 836–1, transcrito en Chávez 2004, 266).

Obedecen por tanto a este momento la colocación de los tornapuntas metálicos ya mencionados y la refacción de las caras externas de ambas ménsulas. También esta obra, que por la documentación sabemos que estaba concluida en 1897, ha quedado ratificada por la aparición de un epígrafe grabado en una tabla de madera e introducido en el hueco interior de la ménsula izquierda que dice así: «*+Jose Perez ROMERO. GRANADINO. TALLÓ Y RESTAURÓ / ESTA FACHADA. – AÑO. – 1896+*».

No hay constancia de posteriores intervenciones hasta la realizada por nosotros en 2007–2008. Las acciones llevadas a cabo en esta ocasión han comportado dos tipos de trabajos: por un lado la revisión del estado de la estructura, previo levantamiento del tejado que lo cubre y por otro la restauración de su policromía. Pese a que la primera operación ha resultado aparentemente innecesaria, ha tenido finalmente un gran interés por cuanto nos ha permitido conocer la forma en que este elemento está construido así como haber podido confirmar la importante e interesante actuación que se llevó a cabo en 1845 para su consolidación. Tanto la nueva estructura que soporta el tejado y que es la parte que se renovó, como las vigas originales[3] se encontraban en perfecto estado y sólo precisaron una limpieza y la aplicación de productos antixilófagos y anticorrosivos. Después de ser adecuadamente documentada se cubrió de nuevo con el tejado.

Paralelos: Aleros nazaríes y toledanos

La información obtenida respecto a la disposición estructural de esta obra nos permite analizar las semejanzas y diferencias que presenta respecto de otras obras similares. El primer y principal paralelo es el soberbio alero que remata la fachada del Palacio de Comares de la Alhambra (Fernández Puertas 1980). Obra casi coetánea, levantada pocos años después por Muhammad V para enmarcar la entrada a su palacio oficial, presenta sin embargo importantes diferencias formales y estructurales. La más destacable es que, siguiendo lo que es habitual en los aleros nazaríes, los canes tienen inclinación o empino bastante pronunciado (aproximadamente 17º). El vuelo total desde el muro es de 1,97 m, aunque el aparente desde la cara más saliente del arrocabe se reduce a 1,42 m. Los canes están empotrados en el muro, pero se apoyan en una viga que descansa a su vez en una serie de pequeñas ménsulas que reducen el vuelo en 50 cm, solución semejante a la del alero sevillano.

Resulta sin embargo de sumo interés analizar la estructura oculta (figura 11).[4] En realidad los canes, de menores dimensiones que en el caso de Sevilla (15,5 × 9,5 cm), apenas soportan su propio peso y el de los sofitos (en este caso curvos) del entrevigado. Por encima del nivel de sus puntos más elevados se disponen unas vigas en ménsula horizontales empotradas en el muro y dotadas de tornapuntas a 45º que apean la viga a mitad del vuelo aproximadamente, reduciendo con ello la parte que trabaja como ménsula. Una serie de vigas arriostran y solidarizan estos elementos principales de la estructura. En este caso, puede decirse que el alero visible es meramente decorativo, pues la función de soporte del tejado está encomendada por entero a una estructura oculta.

Aunque ambas estructuras, la de Sevilla y la de la Alhambra, se planteen con una misma filosofía, reducir la carga que gravita sobre los elementos aparentes y decorados, en el caso del alero sevillano se

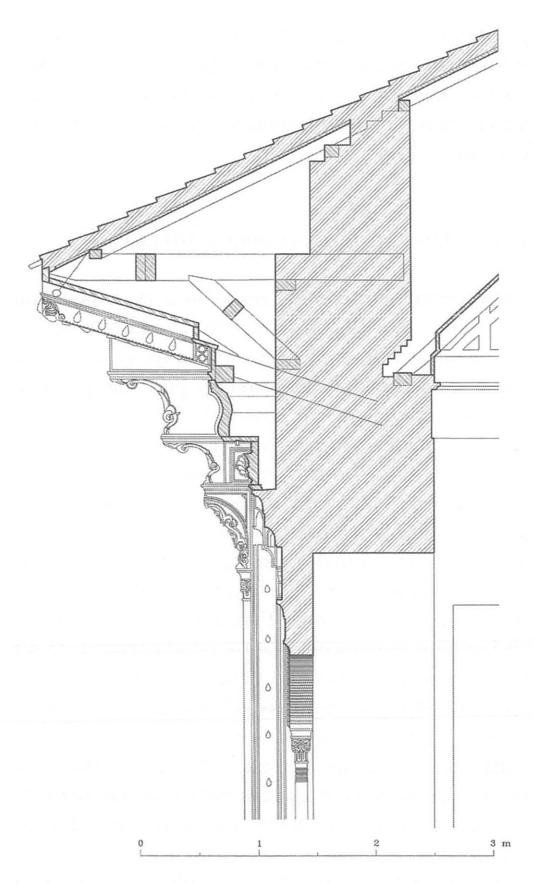


Figura 11
Sección del alero de la fachada de Comares de la Alhambra

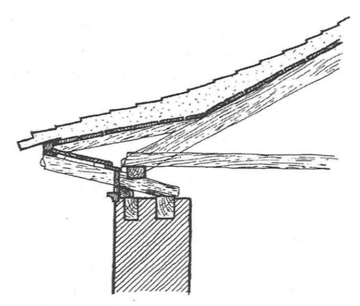
hace absorbiendo sólo parte del peso sobre elementos auxiliares ocultos mientras que en el alero de la Alhambra la descarga es total. Cabe pensar que esta última solución sólo fue posible en este caso gracias a la disposición con inclinación de los canes decorados, lo que permite contar con espacio suficiente para organizar una estructura más robusta e incluso más racional si cabe. No obstante, ambas estructuras muestran ingenio y profundos conocimientos de la carpintería de armar.

De todos modos, cabría suponer que la disposición de los canes horizontales ocultos dotados de tornapuntas sea fruto de la intervención realizada a comienzos del siglo XX y que la forma original del alero estuviera más en consonancia con los otros aleros nazaríes que conocemos (figura 12). En ese caso, los pares de la cubierta apoyarían en las puntas de los canes. La inclinación de éstos tendría justificación por su mayor eficacia si el conjunto de can y par funcionara como una estructura triangulada. Para ello sería necesario que la unión de ambos en el borde del alero no fuera un simple apoyo sino que trabajara como una articulación, y siempre que el par fuera capaz de absorber tracciones, bien transmitiéndolas a la armadura del tejado, bien al propio muro si éste se prolonga hasta esa altura. En tal caso, el can funcionaría como barra comprimida y el par como barra traccionada con una notable eficacia estructural que permitiría una economía de secciones en las maderas, especialmente de los canes. Esta posibilidad no nos consta que haya sido estudiada hasta ahora como razón de ser de la inclinación de los aleros, pues de las secciones de los que disponemos no se puede asegurar que funcionaran de este modo.

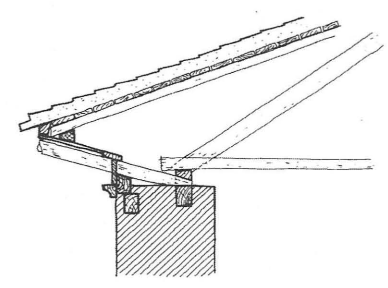
En la Granada nazarí predominan los aleros de canecillos inclinados (figura 12), aunque tampoco faltan ejemplos horizontales como en el Corral del Carbón (Torres Balbás 1951, 172–173). No se ha constatado hasta ahora la existencia de aleros con canes inclinados anteriores al período nazarí, pues ningún edificio previo a este periodo ha conservado aleros lígneos. Tampoco podemos asegurar nada al respecto basándonos en piezas conservadas en museos, dada la dificultad de aseverar la exacta disposición original en base a los cortes o entalladuras para encajar las tabicas, ya que con frecuencia éstas tenían inclinación hacia afuera.

El alero del Alcázar de Sevilla, con sus canes horizontales, estaría más en consonancia con la tradición cristiana. Sin embargo, no debemos olvidar que en la propia fachada, los cuerpos laterales contaron con aleros de canes inclinados de estilo nazarí, de los que quedan numerosos mechinales e incluso restos de las piezas de madera dentro de ellos. También parece que tuvo alero inclinado el patio de las doncellas de acuerdo con el testimonio de su restaurador, Rafael Manzano Martos, que lo repuso de esta forma sobre la base del hallazgo de uno de los canecillos.

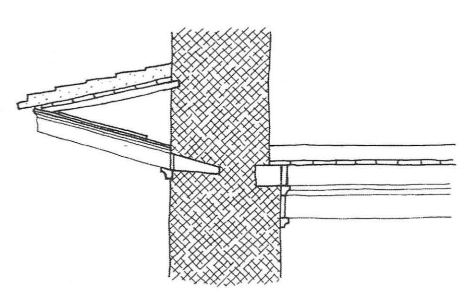
La presencia en las obras del palacio de D. Pedro de artesanos toledanos, constatable tanto por el estilo de algunas de sus decoraciones como por el testimonio epigráfico de las puertas de la Sala de la Media Naranja (Cano 2004, 68), nos obliga a buscar paralelos en esta ciudad castellana. Aunque son varios las



A. Generalife, Patio de la Acequia, galería N.



B. Generalife, Patio de la Acequia, nave E.



C. Generalife, Patio de la Acequia, alero de la nave E.
(Reconstrucción hipotética)

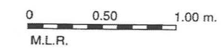


Figura 12
Aleros nazaríes (López Petíñez 2006)

portadas con reminiscencias de ésta sevillana, ninguna posee un alero de tal desarrollo que se le pueda asemejar. Además, los aleros toledanos contemporáneos presentan también inclinación, si bien mucho menor que los granadinos. De estos aleros, el de mayor desarrollo es el del mal llamado Palacio del Rey D. Pedro, en realidad casa de Doña Inés de Ayala, construida a finales del siglo XIV (Passini 2004, 80–81), en donde se dispuso un doble orden de canes para alcanzar 1,52 m de vuelo. Los canes de este alero tienen muy escasa inclinación, apenas 5º. Otro alero también de doble orden de canes es el de la Posada de la Hermandad (Cerro *et alli* 1992, 559–567), levantada a finales del siglo XV, con menor vuelo, apenas 0,80 m e inclinación de 13º.

Carecemos de información sobre la disposición constructiva de estos aleros toledanos. Dada su escasa inclinación, no cabe pensar que tengan estructuras internas de descarga, sino que los canes están empotrados en los muros contrarrestando el vuelco con la masa de la fábrica. Por tanto, podríamos deducir que el alero del Alcázar de Sevilla sigue la tradición castellana de empotrar en el muro vigas horizontales para formar el vuelo del alero, lo que obliga al empleo de maderas de mayor tamaño, mientras que los aleros nazaríes, posiblemente pudieron funcionar como estructuras trianguladas requiriendo por ello secciones mucho menores.

Notas

1. A juzgar por el informe de Gómez Otero de 1894, parece que estas tablas no fueron realizadas con mucho esmero y serían posteriormente sustituidas.
2. Sin duda se trata de la intervención anunciada en 1845 y seguramente realizada en 1846 que acabamos de describir.
3. Aprovechando la accesibilidad a todas las piezas del alero se ha llevado a cabo por E. Rodríguez Trobajo (INIA) la toma de muestras para un análisis dendrocronológico de las maderas cuyo resultado provisional parece confirmar que la casi totalidad de las que forman propiamente el alero así como las de la estructura complementaria de descarga son del momento de su construcción.
4. La sección que aquí presentamos está realizada a partir del dibujo de Manuel López Reche (publicado en Fernández Puertas 1980: plano 3) y de un croquis del mismo autor, dibujado de memoria tras una dificultosa inspección visual al espacio interno del alero (López Pertíñez 2006, 192). Deseo agradecer tanto al Sr. López Reche como a su hija María del Carmen López Pertíñez el haberme facilitado esta interesante información. Aunque suponemos que la estructura hoy existen-

te corresponde básicamente a la original, tampoco podemos asegurarlo totalmente ya que este alero también sufrió una importante reparación a comienzos del siglo XX (Fernández Puertas 2008, 37).

Lista de referencias

Almagro Gorbea, A. 2000. *Planimetría del Alcázar de Sevilla*. Sevilla.

Almagro, A. 2009. «La Portada del Palacio de Pedro I: Investigación y Restauración». *Apuntes del Alcázar de Sevilla*, 10.

Cano Ávila, P. 2004. «Estudio epigráfico-histórico de las inscripciones árabes de los portalones y ventanas del Patio de las Doncellas del Palacio de Pedro I en el Real Alcázar de Sevilla». *Apuntes del Alcázar de Sevilla,* 5: 53–79.

Chávez González, R. 2004. *El Alcázar de Sevilla en el siglo XIX.* Sevilla.

Fernández Puertas, A. 2008. *La Fachada del Palacio de Comares*. Granada.

López Pertíñez, M. C. 2006. *La carpintería en la arquitectura nazarí*. Granada.

Passini, J. 2004. *Casas y casas principales urbanas. El espacio doméstico de Toledo a fines de la Edad Media*. Toledo.

Cerro Malagón, R. del; Sáiz, M. C.; Delgado Valero, C.; Pérez Higuera, T. y Franco Mata, M. A. 1992. *Arquitecturas de Toledo*, Toledo.

Torres Balbás, L. 1951. «Aleros nazaríes». *Al-Andalus*, vol. XVI, nº 1: 169–182.

Problemática de las fuentes en la historia de la construcción de la arquitectura española contemporánea

José Ramón Alonso Pereira

«La meta final de toda actividad artística es la construcción», afirmó en su momento Walter Gropius quien, con la fundación del Bauhaus —que significa *casa de la construcción*— en la ciudad alemana de Weimar en abril de 1919, quiso integrar las artes y los oficios, uniendo diseño y producción en un objetivo común. Al cumplirse noventa años de esa fundación, parece buen momento para reflexionar sobre la construcción desde aspecto metodológico tan relevante como es el de sus fuentes en la arquitectura contemporánea.

Estudiar la historia de la construcción de una obra de nuestro tiempo (Navascués 1985; Soraluce 1994) no parece una experiencia atractiva o de suficiente interés para llevar a cabo un trabajo de investigación o análisis de su proceso arquitectónico. Lo que estamos acostumbrados a admirar en los monumentos de la Antigüedad o la Edad Media, no suele despertar interés cuando se trata de arquitecturas recientes, por destacadas que sean.

En la arquitectura contemporánea nos hemos acostumbrado a separar radicalmente las fases del proyecto de las fases de la construcción, sesgando la historia con una información limitada sobre la edificación que elude, las más de las veces, los momentos más comprometidos y cruciales de la génesis del edificio. Lo que es vital para entender la arquitectura de otras épocas, parece no tener interés en el estudio de las obras cercanas en el tiempo, reduciéndose la información sobre la historia constructiva a resaltar aportaciones novedosas o revolucionarias. Esta falta de interés puede deberse a la falta de perspectiva histórica, que impide apreciar lo que de atractivo tiene la ejecución de una obra moderna, sin el esfuerzo humano de las grandes obras del pasado. Pero puede deberse también a la falta de bases metodológicas e historiográficas.

Sin embargo, se cuenta con dos elementos nada despreciables para la Historia de la Construcción: unos fondos documentales numerosos y variados, y una amplia presencia de obras construidas: de fuentes monumentales, podríamos decir.

Esta notable presencia documental y monumental en la arquitectura contemporánea hace que la problemática actual de la Historia de la Construcción sea en buena medida la determinación y jerarquización de sus fuentes. Por ello, dentro del tema general de este Congreso, esta ponencia pretende abordar el hecho constructivo reflexionando sobre sus fuentes disciplinares en la arquitectura española moderna y contemporánea desde la doble perspectiva que proporciona la experiencia profesional y la experiencia académica.

El problema de las fuentes en la historia de la construcción

Si hace más de un siglo Auguste Choisy pudo afirmar que, aunque las obras de la Antigüedad se habían estudiado muchas veces desde el punto de vista de la arquitectura, se conocían de manera muy vaga sus

procedimientos constructivos, qué no hubiera dicho hoy respecto de los edificios contemporáneos.

Sin embargo, en los últimos tiempos han sido numerosos los estudios monográficos sobre obras, elementos, sistemas y procedimientos constructivos; pero todo ello hace aún más necesario afianzar una metodología que ayude a sistematizar los estudios y a profundizar con rigor científico en el problema de las fuentes.

Las fuentes de la construcción —como las de la arquitectura— pueden ser monumentales y documentales; esto es, las obras nos hablan tanto por sí mismas: por sus realidades construidas, cuanto por los archivos y referencias de todo tipo que las documentan. Pero si eso es así de manera general, conviene saber cuáles son las particularidades —si las hay— que ello presenta en la arquitectura del siglo XX, cuando la construcción se ha desarrollado con tanta variedad y potencia, y la documentación se ha multiplicado tanto en los archivos oficiales como en los particulares de las empresas y de los profesionales.

Si las fuentes de la arquitectura son aquéllas en que ésta se nos manifiesta, las fuentes de la Historia de la Construcción son aquéllas en que la construcción se manifiesta en su vigencia. Con este concepto —como decimos— las fuentes pueden ser de dos tipos: monumentales y documentales, según que sea la propia construcción la que actúe como fuente de sí misma, o utilice otros medios de expresión —documentales en el amplio sentido de la palabra— como medio de revelársenos.

Las fuentes monumentales priman la realidad frente al documento como fuente primera de la arquitectura y de la construcción. Es la obra de arquitectura la que actúa como fuente primaria de la construcción, y en consecuencia el primer y principal estudio histórico de la construcción pasa por conocer la propia obra en la riqueza y complejidad de su realidad material. La Historia de la Construcción presupone el conocimiento de la realidad física como paso indispensable para la asimilación de las fuentes documentales. Este es un valor compartido en las arquitecturas históricas y en las contemporáneas.

Las fuentes documentales, por su parte, son plurales y se clasifican en varias categorías: tratados y normativas, fuentes bibliográficas y hemerográficas, y fuentes manuscritas o de archivo. La importancia y el interés relativo de unas y otras varía notablemente según nos refiramos a las arquitecturas antiguas o modernas.

En todo caso, los datos obtenidos de todas ellas, ordenados y sistematizados, deben estudiarse dialéctica y críticamente siguiendo un método racional e intuitivo a la vez, que permita enfocar con audacia interpretativa la investigación. Pues, al margen de su valor intrínseco, el conocimiento de las fuentes de la construcción debe ser el punto de partida en cualquier estudio de ésta para evitar enfoques sesgados tanto en el campo de la investigación como de la conservación. El estudio de las fuentes debe aproximarse, pues, a la construcción en la arquitectura y en la enseñanza, a la construcción en la normativa y en los proyectos, a la construcción en las publicaciones y los archivos. De la integración de estos apartados se deduce la complejidad de un tema que quiere esbozarse aquí como base del problema metodológico común que plantea este Congreso.

Mas antes de desarrollar esos apartados, vamos a referirnos brevemente a la secuencia histórica que plantea el factor constructivo en la arquitectura española contemporánea.

Planteamientos constructivos en la arquitectura española

Desde comienzos del siglo XX, es incesante en la arquitectura española la búsqueda de nuevos caminos y el ensayo de fórmulas nuevas de adhesión más o menos superficial a las vanguardias internacionales y al movimiento moderno. En este proceso —y por encima de la aparente primacía de los principios estilísticos o estéticos— es preciso resaltar e papel desempeñado por la construcción como factor condicionante de la arquitectura, en momentos en que se valoraban mucho los aspectos prácticos y constructivos.

Pese a los avances experimentados en las últimas décadas del siglo XIX, la construcción ordinaria o común en toda España se encontraba atrasada técnicamente respecto a Europa, siendo conscientes de ellos los arquitectos que, salvo excepciones, se resistían a realizar experimentos para los que no se encontraban preparados, lo que permitió la pervivencia de modos constructivos tradicionales.

Frente a la construcción entramada *científica* y *moderna,* solía construirse entonces sobre todo a base de muros de carga, estando generalizado en casi toda España el modo de construir *a la catalana*, arquitectura racional y bien construida, que luego po-

día ser decorada estilísticamente. Esta permanencia constructiva por debajo del ropaje estilístico permite que pueda pasarse en estos años casi sin solución de continuidad en la construcción, desde los tradicionalismos a las vanguardias y desde éstas al racionalismo, «construcción a la catalana, pero sin adornos», como escribió uno de sus protagonistas, quien pensaba que las obras modernas «lo único moderno que tenían era la apariencia externa; el resto no había cambiado» (Moya 1987). Así se explica el rápido cambio desde la tradición a la vanguardia que se produce en la arquitectura española.

El factor constructivo adquiere una nueva dimensión tras la Guerra Civil. La constatación del atraso tecnológico unido a la penuria económica de la postguerra obligaron a aguzar el ingenio y a fundamentar con más rigor la técnica arquitectónica, apoyándose inicial mente para ello en los sistemas tradicionales de la buena construcción y del buen oficio.

En esos años y en los siguientes, los arquitectos y los colegios concentrarán buena parte de su proyección pública en la resolución de problemas técnicos, generando una mentalidad profesional y tecnocrática (Alonso 1981). El énfasis puesto en los aspectos técnicos y constructivos como fundamentos de la arquitectura —otra vez por encima de los condicionantes estéticos o estilísticos— culminaría en los años setenta con la elaboración de nuevas normativas como fachada social justificativa de la profesión.

En el campo arquitectónico, sobre los ideales autárquicos de la posguerra se iría incorporando en los años cincuenta una discreta revisión de la modernidad internacional que, continuada en la década siguiente, desembocará en un desaforado y vertiginoso desarrollo edilicio que dio lugar a la llamada *década de la abundancia*.

Pese a que en ella no debe olvidarse la constante preocupación por los problemas constructivos y por el control y solución de los detalles y acabados —que da pié a veces a importantes búsquedas tecnológicas—, lo cierto es que la euforia que llevó consigo esta fase de prosperidad social hizo que los estudios de arquitectura no diesen abasto materialmente, y se transformasen en oficinas de gestión o máquinas de hacer proyectos, que se medían por rendimiento económico, al tiempo que surge una nueva situación de concentración de poder en mano de dos fuertes clientes: las sociedades promotoras, constructoras e inmobiliarias en la iniciativa privada, y la Administración, en la oficial.

Los avances en materia técnica se ligan a nuevas preocupaciones que fueron surgiendo en este periodo. Por un lado, en un momento de importante crecimiento económico. era lógico aumentar las exigencias en calidad constructiva de los edificios, pero ello hace que en ciertos lugares se producen debates profesionales ante la obligación de incluir cálculos y planos de estructuras o de instalaciones en los proyectos, o ante la responsabilidad profesional en las obras, que llevó en 1959 a la Hermandad Nacional de Arquitectos a crear un Seguro de Responsabilidad no obligatorio pero al que se acogerán casi todos los arquitectos. Por otro lado, en cuanto a las responsabilidades profesionales, sólo en 1968 se delimitan las funciones de los arquitectos y los aparejadores.

Hacia 1970 empiezan a aparecer signos de un cambio profesional. El nivel técnico de los proyectos y de las obras, coincidente con la aparición y desarrollo de nuevas tecnologías y el incremento del volumen de intereses económicos ligados al mundo edilicio abren una crisis que se manifestará poco a poco en las estructuras profesionales.

De una parte, el grupo profesional o tecnocrático concentra sus esfuerzos en actualizar la legislación corporativa y en potenciar el carácter tecnicista del ejercicio y la formación, con normativas como las NTE, a veces disociadas del entorno edilicio real y sin posibilidad ni voluntad para conseguir su cumplimiento. De otra parte, surge una vía alternativa —que por contraposición a la anterior será denominada política— que pretende asumir las crisis profesionales desde su relación con las estructuras públicas y socioeconómicas.

Con la desaparición de Franco, la creación de un clima democrático y la situación autonómica, se abre para la arquitectura española un periodo optimista y de progresivo ascenso, en que se va afirmando poco a poco la disciplinariedad. Será una etapa de empuje ilusionado, con crecientes competencias técnicas y recursos económicos que nos lleva sin solución de continuidad a nuestro presente académico y profesional.

Fuentes monumentales y fuentes documentales

Como se ha indicado, las fuentes pueden ser de dos tipos: monumentales y documentales, según actúe

como fuente de sí misma la propia obra, o utilice otros medios —documentales en el amplio sentido de la palabra— como medio de revelarse. Las fuentes monumentales valoran la realidad de la obra como fuente primaria de la arquitectura y de la construcción; por lo que el primer y principal estudio histórico pasa por conocer la obra de arquitectura en la riqueza y complejidad de su realidad material. La investigación no debe ni puede centrarse sólo en las fuentes documentales. Los edificios en su realidad física, las ciudades en su traza y en su forma eran y son fuentes monumentales de sí mismas, y con este carácter deben recorrerse, medirse, dibujarse y fotografiarse con mimo y detalle sus calles, sus espacios y sus edificios. La Historia de la Construcción presupone o debe presuponer el conocimiento de la realidad física como paso previo para la asimilación de cualesquiera fuentes documentales. Este valor es compartido por las arquitecturas históricas y las contemporáneas, por lo que no tiene sentido extendernos en desarrollarlo.

Por el contrario, en la manera en que son entendidas y consideradas las distintas fuentes documentales —tanto los tratados y normas, las fuentes bibliográficas y hemerográficas, o las fuentes manuscritas o de archivo—, se producen variaciones importantes en la Historia de la Construcción entre las arquitecturas antiguas y la arquitectura contemporánea.

Las fuentes bibliográficas

Dentro de las fuentes bibliográficas, se consideran como fuentes primarias los tratados de arquitectura, ingeniería y construcción, mientras que suelen considerarse como fuentes secundarias las publicaciones periódicas especializadas, los estudios particulares y monográficos y cualquier otro tipo de publicación en el ámbito de la construcción.

Tanto en épocas anteriores como en las actuales, los tratados de arquitectura, ingeniería y construcción son una de las fuentes fundamentales para la Historia de la Construcción. Los más importantes se encuentran en distintas bibliotecas especializadas, universitarias y profesionales de las Escuelas de Arquitectura e Ingeniería y los Colegios de Arquitectos, y algunos están publicados en ediciones facsímiles. En cualquier caso, no siempre es fácil acceder a ellos y, con demasiada frecuencia, el trabajo de investigación se resiente por eso. Por ello, la Sociedad Española de Historia de la Construcción y el Instituto Juan de Herrera, han promovido una biblioteca digital con objeto de poner al alcance de todos los interesados una selección de tratados, en especial los españoles. Asimismo, los textos de consulta que de modo más o menos amplio abordan sistemáticamente todos o parte de los problemas, son también fuentes iniciales de la investigación.

En nuestro caso, el papel como reflexión y crítica que aporta la tratadística en épocas antiguas lo ocupa muchas veces en la época moderna la normativa, haciendo de ambas, fuentes básicas para la Historia de la Construcción. La tratadística documenta la simbiosis ideal entre arquitectura y construcción y sus relaciones intelectuales comprendiéndola casi en forma de ciencia; la normativa hace de esa ciencia una ciencia aplicada.

Es extensa la bibliografía sobre los nuevos sistemas constructivos en arquitectura e ingeniería y sobre las edificaciones derivadas de ellos. Las referencias bibliográficas se encuentran también los estudios particulares y monográficos y cualquier otro tipo de publicación referida al ámbito de la historia de la construcción. Éste y los anteriores Congresos de Historia de la Construcción dan buena cuenta de su extensión y variedad.

En cuanto a las fuentes educativas de la construcción: a la construcción en la enseñanza, debe recordarse el importante papel de los manuales, los cursos y los programas de Construcción en la Arquitectura, en el amplio camino que media de los apuntes de Luis Moya tomados en los años veinte en las clases de Carlos Gato (Moya 1997) —cuando la cultura arquitectónica y la ciencia constructiva iban de la mano—, a la situación disociativa posterior, en que la construcción «se independiza» como asignatura, generando sus propios manuales, algunos tan importantes como los míticos de «Madera» y, sobre todo, de «Hormigón» del profesor Cassinello en la Escuela de Arquitectura de Madrid en los años setenta.

Aunque son a veces poco conocidos, estos manuales docentes —muchas veces publicados en ediciones muy baratas e incluso ciclostilados— merecen ser objeto de estudio minucioso, pues no sólo tuvieron un valor didáctico sino que supusieron muchas veces el puente entre la didáctica e investigación, entendidas como facetas inseparables y complementarias. Y es esa correlación entre didáctica e investiga-

ción la que permite fijar mejor el estatus científico de la Historia de la Construcción.

LAS FUENTES HEMEROGRÁFICAS: LAS PUBLICACIONES PERIÓDICAS

En nuestro tiempo, sin embargo, las principales fuentes documentales no son bibliográficas sino hemerográficas. Las revistas y periódicos no son un mero complemento de libros y textos, sino que tienen un carácter y un protagonismo propio para la historia de la arquitectura contemporánea y, en consecuencia, para la historia de la construcción. Las publicaciones periódicas inciden fuertemente en el campo arquitectónico y constructivo difundiendo las ideas, formas y opciones generadas en los medios culturales y sociales. Pueden ser generales o especializadas, y tanto unas como otras deben consultarse con atención, si bien su estudio exhaustivo es obligado y fecundo en el caso de las segundas, cuyas páginas nos ofrecen seleccionado el material gráfico, el dato y la crítica.

Desde el siglo XIX, las revistas profesionales y especializadas son la fuente documental más dinámica en cuanto a proporcionar noticias sobre la profesión, sobre las obras, sobre los materiales y técnicas constructivas, los descubrimientos científicos, las referencias bibliográficas, siendo incluso muchas veces el vehículo de propaganda de productos y materiales de construcción. Constituyen un espacio de debate y divulgación que provoca una nueva situación en el orden informativo en cuanto al planteamiento y difusión de la problemática constructiva.

Esta prensa arquitectónica ha sido analizada al estudiar la historia de la arquitectura de los siglos XIX y XX. Sin embargo, no se ha tenido tanto en cuenta en la Historia de la Construcción pese a ser una base fundamental para su estudio. Pues en ella aparecen numerosas noticias sobre los nuevos materiales que día a día va ofreciendo la industria al mercado, extensos artículos en que se explican las aportaciones y características de cada material, patentes de sistemas constructivos o modelos estructurales que definen y detallan sus sistemas y propiedades o dan pequeñas noticias sobre su aparición en el mercado o, simplemente, anuncios insertos en el texto; aparecen, por último, noticias sobre la construcción de edificios en las que detalles materiales y sistemas constructivos como ejemplo de una determinada industria dedicada a la construcción.

La revisión de los artículos referentes a los materiales, procedimientos y sistemas constructivos, las noticias breves, e incluso los anuncios publicitarios que aparecen en las revistas, permite acercarse a las nuevas patentes y a los materiales novedosos que se ofertaban reiteradamente a arquitectos e ingenieros: cartón de amianto, piedra artificial, papel madera, adoquines de palastro, tuberías de palastro, aluminio y zinc para cubiertas, materiales de construcción y forjados, elementos sanitarios, el cristal y sus derivados, etc.; con noticias a veces curiosas sobre estos materiales (Aguilar 1998). Hay también gran cantidad de referencias publicitarias sobre productos de marcas concretas bien conocidas en su tiempo que pueden ser muy útiles para la Historia de la Construcción.

El estudio de las revistas es, sin duda, una de las fuentes más ricas para comprender la Historia de la Construcción, especialmente en la arquitectura contemporánea. A través del vaciado de estas revistas se puede realizar una historia de los nuevos materiales de construcción, su aparición en el mercado, su difusión entre los profesionales, las empresas que los comercializan, sus propiedades, su uso, etc.

Así, si la Escuela de Arquitectura de Madrid se crea en 1844, sólo dos años después, en 1846, se inicia en España el periodismo de la construcción con la publicación del efímero «Boletín Enciclopédico de Nobles Artes» (1846–47), al que seguirían gran número de publicaciones en el ámbito de la ingeniería, la arquitectura (Isac 1987; Aguilar 1998), u otras ramas de la construcción, cada una de las cuales va a tener en estas publicaciones periódicas su espacio de divulgación y de debate. Aunque con particularidades propias, la línea editorial de las revistas especializadas españolas, es similar a la de otras revistas europeas bien conocidas y estudiadas (Saboya 1991). Estas revistas pretenden abrir un debate teórico sobre la arquitectura o la ingeniería, pero sobre todo dar información sobre la ciencia y el progreso de todo lo relativo a la construcción y las nuevas tecnologías.

Esta situación continúa en España en las primeras décadas del siglo XX, pero cambia notablemente en la segunda mitad del siglo. Si en la primera parte, no sólo revistas específicas como «El Eco de la Construcción» (1908–13), «El Constructor» (1916–19), o «La Construcción» (1918–30), sino las principales

revistas de arquitectura de la época, como la prestigiosa «Arquitectura y Construcción» (1897–1916) y, sobre todo, «La Construcción Moderna» (1903–36) dedicaban buena parte de su interés y de sus páginas al hecho constructivo como base de la arquitectura, en la segunda mitad, las revistas profesionales se disocian claramente, dividiéndose entre aquellas que atienden a la construcción y aquellas que, pretendiendo atender mejor a la arquitectura, relegan la construcción a las páginas de publicidad. Ambas familias tienden a desconocerse entre sí, complicando las tareas de investigación y el cruzado de referencias.

Situándonos en los años sesenta, años centrales del desarrollismo y nueva edad de oro de la construcción en España, serían emblema de una y otra familia «Nueva Forma» e «Informes de la Construcción», paradójicamente fundada y financiada la primera por una empresa constructora tan importante como Huarte, en tanto que la segunda, dirigida por Eduardo Torroja, se editaba oficialmente por el Instituto de la Construcción y del Cemento. Posteriormente, en las décadas finales de siglo, intentaría enmendarse esa disociación con alguna revista-puente, pero los condicionantes comerciales obligarían pronto a cambiar su línea editorial, optando por una u otra versión, con ejemplos tan destacados de ello como el de «El Croquis», cuya actitud puede cotraponerse a la sostenida por la relativamente joven «Aproín» de la asociación de promotores-constructores de Vigo o la veterana y eficaz «Gaceta de la Construcción». En unos y otros casos, la propaganda comercial de las páginas de publicidad ayuda a veces a paliar dicha disociación y da información complementaria de interés.

Finalmente, dentro de estas fuentes secundarias debemos también aproximarnos al mundo de los catálogos (Giedion 1978, 13; Aguilar 1998, 235) de las empresas dedicadas a fabricar elementos para la construcción y la industria, enorme fuente de información todavía por inventariar y por estudiar, cuya producción editorial contribuye a introducirnos en el mundo real del mercado de la construcción y de la industria.

LAS FUENTES NORMATIVAS

Como antes indicábamos, el papel como reflexión y crítica que aporta la tratadística en épocas antiguas lo ocupan muchas veces hoy las fuentes normativas: las normas técnicas y constructivas, que hacen de la ciencia de la construcción una ciencia aplicada.

A lo largo del siglo XX la normativa se ha incrementado exponencialmente hasta extremos inimaginables tan solo en la centuria anterior. Primero fueron normas sanitarias, o, como se decía en su tiempo, higiénicas, las que centraron la atención del legislador. Luego, en seguida, fueron aquéllas para el cálculo y ejecución de ese nuevo material, novedoso y un tanto impredecible, que era el hormigón armado, las que a comienzos del siglo motivaron las instrucciones: primero técnicas, como recomendaciones, pronto imperativas. Cogido el gusto, poco a poco fueron apareciendo normativas distintas sobre aspectos múltiples de la construcción, en un camino iniciado en los Estados Unidos que, tras la Guerra Mundial, en la segunda mitad del siglo, se multiplicaron en toda Europa y también en España a partir de los años sesenta, coincidiendo con la dinámica desarrollista.

Es emblemático el caso del hormigón armado. Su uso comenzó a expandirse en España desde 1897. Sin embargo, el hundimiento en 1905 de la cubierta del depósito de aguas de Madrid —trágico suceso que acarreó innumerables víctimas— paralizó durante muchos años la generalización de su empleo. Durante algunos años se consideró este sistema como un atrevimiento, y tan sólo algunas empresas extranjeras optaron por él, aplicando unas primeras normas oficiales de cálculo fijadas en Alemania y Francia en 1904 y 1906. Poco a poco, sin embargo, razones utilitarias y de seguridad contra incendios hicieron volver a emplearlo en teatros, cines, hoteles, etc. Ello unido a la notable variación sufrida en los precios de los materiales de construcción a consecuencia de la Guerra Europea —que, afectando a éstos de manera desigual, benefició al hormigón armado—, hizo que a partir de 1917 comenzara en España una etapa de extraordinario desarrollo del nuevo sistema constructivo, que se emplearía ya sin recelos ni reservas. A este impuso corresponde la primera norma española: la Real Orden de 20 de octubre de 1914 para el hormigón armado en las obras públicas.

A partir de entonces se multiplicaron las empresas especializadas en hormigón armado, así como su uso por los arquitectos jóvenes, formados ya en esta técnica en la Escuela de Madrid, donde en 1919 publicaron Martínez Ángel y Gato Soldevilla como texto docente su «Tecnología de los oficios de la Cons-

trucción», en cuyo tomo III la parte consagrada al hormigón armado llegaba a ocupar 74 páginas, calificadas por la crítica como «un extracto muy bien hecho de las reglas teórico-prácticas que deben tenerse en cuenta para poner en obra este material y para redactar los proyectos».

La aparición de estas primeras normativas continuaría en los años siguientes, pero no supondría todavía una fuente documental de la importancia que adquirirá más tarde. Si antes se ha mencionado el edificio coruñés del Banco Pastor como ejemplo concreto de investigación sobre este tema (Soraluce 1994), si lo contemplamos ahora como emblema de la arquitectura española de los años veinte cabe comprobar cómo el papel de la normativa se equilibra con el que el edificio tiene como laboratorio de construcción, pues más que el cumplimiento de unas normas, una de las constantes del edificio fue la de conseguir una obra puntera de las distintas tecnologías que ofrecía el mercado de las instalaciones en aquel tiempo. Instalaciones eléctricas, de calefacción, de gas, de telefonía, de ascensores, de alarma, seguridad y prevención de incendios, etc. La normativa, en este caso, se contrapone a los pliegos de condiciones técnicas que debían servir para mejor definir la construcción de cara a su contratación.

Fue a partir de los años cincuenta cuando, finalizada la etapa de Autarquía, inauguró el Estado una política desarrollista en la cual cobró gran importancia la reordenación de las profesiones técnicas: tanto de sus enseñanzas universitarias, como de su encuadre normativo e incluso de su nivel político gubernamental. Hecho simbólico dentro de este proceso será la creación en 1957 del Ministerio de la Vivienda, que venía a integrar en sentido unitario el programa de la arquitectura y la construcción. A partir de esta fecha se multiplican las normas de distinto ámbito y carácter que bien regulan imperativamente —las célebres MV—, o bien aconsejan —las célebres NTE o Normas Técnicas de la Edificación— cuya aparición va a cubrir más de una década de historia constructiva en nuestro país. Este proceso normativo no se interrumpe con el cambio de régimen, y continúa con fuerza hasta culminar en nuestros días con la aprobación y puesta en práctica del Código Técnico de la Edificación CTE (2006).

Indirectamente relacionado con este ámbito, conviene citar asimismo los planteamientos del problema del material, el problema de la estructura y el problema de la técnica desde los nuevos centros experimentales de arquitectura y desde los nuevos laboratorios e institutos de calidad en la edificación. Pues, como antes indicábamos, para fundamentar con más rigor la base profesional, el Estado se servirá no sólo de la nueva normativa, sino de la implementación de la buena construcción y el buen oficio tradicionales, replanteando desde ahí las bases constructivas de la arquitectura española contemporánea.

El primero de ellos fue, en los años treinta, el denominado Centro Exposición e Información de la Construcción, fruto de las relaciones hispano-británicas de esta época (Alonso, 2000), fundado por Mariano García Morales, importante figura en el mundo profesional, quien enlazó esta idea con el Building Center de Londres que, a su vez, había surgido a semejanza del Architect's Sample Bureau de Nueva York, centro modelo para muchos países. El Centro de la Construcción se inauguró en 1934, con un importante consejo asesor que representaba la pluralidad profesional del momento. Tras la Guerra Civil, este Centro se integró en la Dirección General de Arquitectura que dirigía Pedro Muguruza —director y alma de la arquitectura del nuevo Régimen—, y luego en el Ministerio de la Vivienda como EXCO y después con el nombre de INCE.

Los archivos y las fuentes manuscritas

Finalmente, la solidez y profundidad de todo trabajo en Historia de la Construcción exige la paciente investigación de las llamadas fuentes documentales manuscritas: de los datos inéditos de archivo; a veces de dificultosa localización, pero de insustituible necesidad para asentar el trabajo y el análisis. En todo caso estas fuentes —por muchos motivos— serán en nuestros días las más necesitadas de una discriminación crítica y un exigente contraste dialéctico.

En las memorias y pliegos de condiciones técnicas de los proyectos está una de las bases más ricas para el estudio individualizado o sistemático de la Historia de la Construcción en la arquitectura española contemporánea. Siendo la fuente documental más amplia de todas, su consulta es, sin embargo, relativamente abordable con cierta facilidad debido a su relativa concentración en unos pocos archivos, hecho derivado de la obligatoriedad de visar y depositar un ejemplar de cada proyecto visado en los Colegios de

Arquitectos, desde que una orden ministerial de 1940 reconociera la exigencia del visado colegial para obtener licencia municipal (Alonso 1981).

Arma clave utilizada en el desenvolvimiento profesional de las décadas siguientes, en la actualidad la obligatoriedad del visado viene determinada por la Ley estatal de Colegios Profesionales de 1974 y por las autonómicas que la han venido desarrollando. El visado funciona como una competencia delegada de la Administración; certifica aquellos aspectos que la legislación técnica encomienda su supervisión a los Colegios profesionales tras la realización de un control previo, e informa sobre los condicionantes administrativos y en su caso urbanísticos del trabajo. Por ello, la custodia colegial del trabajo profesional ha sido reconocida en distintas normas a lo largo del tiempo, y últimamente en el mismo Real Decreto del Código Técnico de la Edificación. Ello ha hecho desde hace más de sesenta años que los Colegios de Arquitectos sean o hayan sido una de los principales fuentes de documentos proyectuales de arquitectura y construcción, en cuanto que, como indicamos, el proyecto sea o deba ser supervisado técnicamente.

Sin embargo, este carácter técnico fue incrementado de modo exponencial y a veces dramático el volumen físico de los documentos proyectuales, de los proyectos, creando problemas de depósito a veces difícilmente solventables por los Colegios de Arquitectos, que en algunos casos optaron por transferir total o parcialmente la documentación y el archivo a la Administración, municipal, autonómica o estatal. Análogamente, le ocurrió a la propia Administración que optó por derivar —a veces apresuradamente— sus fondos a archivos centrales como el Archivo General de la Administración en Alcalá de Henares, a su vez difícilmente preparados para asumir la nueva carga.

Por último, debemos referirnos a los archivos de empresa, fuentes directas para el estudio de materiales, procedimientos, sistemas de producción y organización de trabajo, etc. Estas son quizá las fuentes más desconocidas y más necesitadas de protección en nuestros días por la poca atención que se les ha prestado en el pasado. Parafraseando a Giedion en su referencia al mundo industrial estadounidense (Giedion 2009, 13–14) «una sorprendente ceguera histórica impidió la conservación de importantes documentos históricos, archivos de fabricantes, catálogos, folletos publicitarios y otros materiales». «Las épocas posteriores —afirma— no comprenderán estos actos destructores, este asesinato de la Historia».

Conclusión

Como decíamos al principio de esta ponencia, de la integración de los apartados anteriores se deduce la extraordinaria amplitud y complejidad de un tema que aquí sólo se ha querido esbozar como base general del problema de las fuentes y en relación con la temática metodológica común de este VI Congreso de Historia de la Construcción.

Lista de referencias

Aguilar, I. 1998. *Arquitectura industrial, concepto, método y fuentes.* Valencia.

Alonso, J. R. 1981. «El modelo colegial: secuencia y análisis». *Q-Arquitectos.* Madrid, nº 48, 20–36.

Alonso, J. R. 1983. *Madrid 1898–1931: de Corte a Metrópoli.* Madrid.

Alonso, J. R. 2000. *Ingleses y Españoles: la arquitectura de la Edad de Plata.* La Coruña.

Gallego, E. 1921. «Los orígenes del empleo del hormigón armado en España». *La Construcción Moderna.* Madrid, nº 6, 53–56.

Giedion, S. [1941] 2009. «El hormigón armado y su influencia sobre la arquitectura». En *Espacio, tiempo y arquitectura.* Barcelona, 331–340.

Giedion, S. [1948] 1978. *La mecanización toma el mando.* Barcelona.

Huerta, S. (ed.). 2005-2007. Biblioteca digital SECH, colecciones CD1.-*Selección de tratados de Arquitectura y Construcción, ss. XVI-XX.* CD2.-*Selección de tratados de Arquitectura y Construcción, ss. XIX.* CD3.-*Tratados Históricos de Puentes.* Madrid.

Isac, I. 1987. «Catálogo de publicaciones periódicas». En *Eclecticismo y pensamiento arquitectónico en España: discursos, revistas, congresos, 1846–1919.* Granada, 419–433.

Martínez Ángel, y Gato, C. 1919. *Tecnología de los oficios de la construcción.* Madrid.

Moya, L. 1987. «El factor constructivo en la arquitectura española». En *Papeles dispersos.* Madrid.

Moya, L. 1997. *Cuaderno de apuntes de construcción.* Madrid.

Navascués, P. 1985. *El edificio de la Telefónica.* Madrid.

Saboya, M. 1991. *Presse et architecture au XIXe siècle: Cesar Daly et la Revue Générale.* París.

Soraluce, J. R. y Alonso, J. R. 1994. *El Banco Pastor.* La Coruña.

Sobre la configuración constructiva de la cúpula del crucero de la Catedral de Segovia

Miguel Ángel Alonso Rodríguez
José Calvo López
Enrique Rabasa Díaz

El crucero de la catedral de Segovia está cubierto con una cúpula semiesférica, elevada sobre un tambor cilíndrico sobre pechinas, aunque inicialmente se proyectó con un cimborrio cuadrado cerrado por bóveda de crucería. Su construcción ocupó durante veinticuatro años a Francisco Viadero, quien la concluye en 1686, siglo y medio después de que Juan Gil de Hontañón diera las trazas iniciales del cimborrio, en 1524.

Este cambio aparece reflejado en la colección de planos relacionados con la construcción del templo que guarda el archivo catedralicio. Son dibujos que abarcan desde la segunda década del siglo XVI hasta la mitad del siglo XVII y entre ellos hay siete proyectos para el crucero, lo que indica el interés y la preocupación por tan singular elemento de la catedral.

Dibujos del siglo XVI

En las dos trazas conservadas de inicios de la obra, fechadas en torno a 1524 y 1529, la solución para cubrir el crucero es la del cimborrio. En ambos dibujos, realizados sobre pergamino, hay una expresión masiva de la traza muraria y de los soportes, y la red de nervios de las bóvedas, que son fundamentales para su construcción, está representada por su proyección horizontal mediante dobles líneas que unen las claves, decoradas con flores de cuatro pétalos, que enlazan con los perfiles de las columnillas adosadas a los pilares, los cuales aparecen con sus plintos. En el segundo de estos dibujos también podemos reconocer que sobre los pilares de la nave central y sobre los contrafuertes, se ha dibujado un cuadrado y el inscrito girado según la conocida fórmula para el trazado de los botareles. En consecuencia, estas trazas no son únicamente un esquema de la planta, sino que se reconoce un esfuerzo por definir algunos detalles.

En lo que se refiere al crucero la diferencia entre ambas trazas radica en la nervadura de la bóveda, que en el dibujo más antiguo es una estrella de nervios lineales y doble nervio circular en torno a la clave polar, mientras en la otra presenta cruceros, terceletes y nervios al centro formando un cuadrado. Los dibujos de las tracerías han servido para atribuir el plano mas antiguo a Juan Gil de Hontañón y el segundo a Rodrigo Gil de Hontañón, por su afinidad estilística con las que se pueden ver en las obras de cada uno de ellos. Ahora bien, estas atribuciones no son pacíficas; por ejemplo, Casaseca modificó en 1988 su posición anterior para asignar las trazas a Juan Gil y el aparejador García de Cubillas (Casaseca 1978, 35–42; Casaseca 1988, 89–91; Ruiz Hernando 2003, 12–19).

Estas dos plantas tardogóticas, que han sido tomadas como ejemplo y prueba de la existencia de documentos similares previos a la edificación en el mundo de la construcción gótica, se han relacionado con dos representaciones en elevación del transepto. En ambas se dibuja una sección transversal desde los pies de la iglesia, apareciendo superpuestos el alzado

exterior e interior del transepto, sin señalarse los límites externos e internos de cada uno en el teórico plano de corte, y sin entenderse propiamente como una sección. La estrategia gráfica parece funcionar en base a un sistema de superposiciones de proyecciones verticales que se controlan de forma aislada pero sin establecer su relación a través de la línea de sección. Más que una sección es un alzado, en el que se ha abierto un hueco que deja ver parte de su interior, incluyendo los arcos torales y los del cimborrio, así como las tracerías de las bóvedas con las claves a distinta altura, lo que indica el conocimiento de la disposición de las mismas (Casaseca 1978, 42–43; Ruiz Hernando 2003, 20–23).

La línea de sección que señala los límites externos e internos del teórico plano de corte aparece con claridad en otro pergamino que contiene tres dibujos: la planta del transepto, la capilla mayor y la girola, sin sus capillas, una sección por el transepto y un alzado de la girola en una aproximación de perspectiva militar o, por decirlo con más precisión, una perspectiva de las denominadas a veces «transoblicuas», o «de Hejduk», que se pueden definir como una axonometría en la que los ejes forman ángulos rectos o llanos. Los dibujos, realizados entre 1561 y 1579, se han atribuido por lo general a Rodrigo Gil de Hontañón, con algunas dudas (Casaseca 1978, 43–46; Casaseca 1988, 89; Ruiz Hernando 2003, 24–27). Se trata de dos proyectos distintos unidos posteriormente. El diseño más antiguo es el de la girola, siendo posterior el alzado del crucero. Es singular la rigurosa disposición, al modo de la doble proyección ortogonal, de la planta y la sección de la nave transepto, que también encontramos en otros dibujos relacionados con Rodrigo Gil, como es la traza realizada en 1576, uno de sus últimos dibujos, que acompaña el informe sobre los daños de la Iglesia de Santa Maria de la Antigua de Valladolid junto con su propuesta de reparación (Ortega 2001, 380). Esta disposición también se da en otro dibujo, que algunos atribuyen y otros asignan a Gaspar de la Vega como es el del puente de Viveros del año 1569 (Ortega 2001, 372).

Los dibujos de este pergamino introducen cambios importantes en el diseño de la catedral en relación con los precedentes, como es el paso de la planta rectangular del presbiterio a la cuadrada o el aumento del número de capillas de la girola, de cinco a siete en el tramo curvo. Quizás por este motivo se incluye la perspectiva transoblicua de la fachada de las capillas de la girola, que ilustraría el resultado. Pero la novedad mas sobresaliente está en la cubrición del crucero, que se resuelve con cúpula de media naranja con casetones sobre pechinas, rematada en linterna con bola; así pues, se sustituye el cimborrio medieval cerrado con una bóveda de crucería por una bóveda sobre pechinas renacentista.

La cúpula descansa directamente sobre las pechinas, sin el tambor con el que más tarde se construiría, quizás en respuesta a las mismas preocupaciones que tuviera el fabriquero Juan Rodríguez, quien recordaba con frecuencia a los maestros de obras el hundimiento en las catedrales de Sevilla y Burgos. Si así fuera, este dibujo sería anterior a la construcción de los cuatro pilares del crucero, a los que se les dio mayor anchura y donde se sustituyó el relleno del núcleo por sillería.

Otros autores ya han señalado la disposición al modo de doble proyección ortogonal de la planta y de la sección del transepto, pero si nos fijamos más detenidamente veremos que tal relación es tan sólo una simple disposición ordenada de dos dibujos, sin otra relación que la coincidencia del tamaño de sus anchos y de las columnas, pues la cúpula presenta un óculo para la linterna que no aparece reflejado en la planta, las cuatro hiladas de casetones en planta se traducen en tres, representados por círculos equidistantes, y la disposición de sus ejes en una proyección coinciden con los de las naves y en la otra no. Aparece una disposición de la planta y el alzado al modo de la doble proyección ortogonal, pero no hay otra relación entre ambos dibujos.

No obstante, en la representación de la sección de la cúpula encontramos algunos aspectos que conviene resaltar. Se trata de una cúpula esférica de sección variable, decreciente en altura, en la que se abre un hueco superior de iluminación a través de una linterna cupulada. La línea de sección de la cubrición de la linterna se cierra sobre si misma, y la de la cúpula principal enlaza con la cubierta de la nave, recorre el trasdós hasta llegar al refuerzo perimetral del óculo, resaltando el plano horizontal de apoyo de la linterna, continúa por el intradós hasta llegar a la cornisa interior y la dibuja con sus molduras siguiendo hasta trazar la clave de los arcos formeros.

En cambio, si ahora atendemos a las bóvedas de crucería del transepto, encontraremos que el autor tiene dificultades para dibujarlas en sección, pues representa con corrección el alzado de los arcos forme-

ros y su sección por la clave, pero secciona e interrumpe el resto de las tracerías a mitad de altura, quedando aisladas, cortadas y sin relación alguna ni entre ellas ni con la plementería que de ningún modo representa. El autor de estas secciones dibuja con notable corrección la de una cúpula renacentista, de escasa tradición en aquella época, pero es incapaz de dibujar la de una bóveda gótica como las construidas por los maestros de la catedral de Segovia. Quizás se deba a que para su construcción no era necesario ni el alzado ni la sección pues se levantaban materialmente sobre el trazado de la planta de las nervaduras y bastaba añadir a esto la traza de la elevación de los arcos. Cada casco de plementería es una superficie irregular, ligeramente cóncava, que se adapta, como puede, a los bordes que en cada caso le corresponden, similar a un tabique, que, completado por hiladas, rellena un hueco.

No son, pues, como en la arquitectura clásica, unas superficies aisladamente concebidas. Cada una de ellas y el conjunto no son superficies geométricas puras y definidas, sino el resultado de un proceso y estrategia constructivas. Sus intersecciones con los planos de corte no son líneas definidas. Los problemas de definición y representación de estas formas podrían ser muy complicados si nos empeñáramos, como es habitual en el dibujo técnico moderno, en complementar la planta con una proyección vertical del conjunto o de las partes, es decir con un alzado o una sección. Pero el cantero medieval no los necesita y tan sólo precisa conocer el perfil de los nervios en su plano vertical, que es generalmente un arco de circunferencia. No sabría dibujar una proyección vertical de estas bóvedas, pero no lo necesita para construirla (Rabasa 1996; Rabasa 2000).

La cúpula que cierra el crucero se ha visto inspirada por Covarrubias y también guarda cierto paralelismo con las que podemos ver en el manuscrito de Arquitectura de Hernán Ruiz, realizado entre 1558–60. Las propuestas para el Hospital de la Sangre (Ruiz c. 1560, 78r, 90r, 109r; Navascués 1974) presentan el crucero cerrado por cúpulas renacentistas, y los dibujos en sección, que junto con las plantas definen los diferentes diseños, tienen una gran corrección gráfica. Son en la mayoría de los casos secciones perspectivas del interior desde la altura de un hipotético observador pero tomadas desde el exterior, prescindiendo de una de sus mitades. Así pues, no pretenden reproducir la visión del espacio interior desde una posición posible. No son, por tanto, imágenes perceptivas, sino imágenes descriptivas que buscan explicar cómo es el interior del templo. Este esfuerzo descriptivo le lleva a dibujar los casetones o resaltos del intradós, cuando los tienen, o el despiece cuando son lisas, lo que no se refleja en el perfil de la sección. No obstante en estos y otros dibujos de Hernán Ruiz (c. 1560, 78r, 85v, 102r) está notablemente bien definida la línea de sección que produce el plano de corte, cerrándose sobre sí misma, lo que no sucede en los dibujos segovianos del siglo XVI.

En otro pergamino hay tres propuestas para el crucero (Casaseca 1978, 46–49; Ruiz Hernando 2003, 28–29). El dibujo se estructura a partir del corte de la girola y el crucero según el eje longitudinal de la iglesia, que aparece cubierto mediante una cúpula esférica, con resaltos, sobre pechinas, sin tambor y en la parte superior de este dibujo esta el alzado exterior de la cúpula y el cuerpo de pechinas. A la derecha de este dibujo vemos la segunda propuesta, definida por la sección, sólo del crucero, y el alzado del remate, sin repetirse el corte de la girola, en una estrategia de simplificación gráfica y de interrelación de dibujos. La tercera propuesta aparece en sección a la derecha de las anteriores pero su alzado está a la izquierda del primero, quizás debido a que no había espacio en el pergamino, ya que le falta la esquina superior izquierda. Se piensa que este documento gráfico fue presentado al Cabildo para que eligiese la solución que debía realizarse.

Hay una propuesta más para cubrir el crucero con un cimborrio (Ruiz Hernando 2003, 30–31), que es un extraño hibrido entre cúpula y plementería gótica. Sobre el cuerpo cuadrado se montan unas pechinas y se dispone una cúpula peraltada de menor diámetro que el cuadrado de la planta, de forma que el tambor está dividido en doce paños, en los que alternan los ciegos y los abiertos con un arco apuntado. El trasdós se resuelve con dovelas solapadas. De este dibujo nos interesa en especial el hecho de que se dispone, superpuesto, el alzado del trasdós y la sección de la cúpula, o la de los paños ciegos correspondiendo a un casquete esférico de sección constante. Esta solución recuerda a la de Gil de Hontañón para la catedral de Badajoz y se ha relacionado también con la propuesta segunda del pergamino precedente.

Algunos de los dibujos considerados hasta ahora son de fecha incierta, lo mismo que su atribución, pero todos fueron realizados en el siglo XVI. Otros

autores ya han señalado que, a partir de la década de los ochenta, se produce en general una mejoría en la calidad de la mayoría de los documentos gráficos de nuestra arquitectura, que se ha relacionado con la construcción de El Escorial y las figuras de Juan Bautista de Toledo y Juan de Herrera.

No obstante no encontramos ninguna relación notable entre los dibujos del Monasterio de El Escorial y los de la Catedral de Segovia, aunque es conocida la relación de Gil de Hontañón con la construcción del Monasterio, al menos hasta 1572. Tuvo sus inicios en torno a 1564, con motivo del proceso de elevación de las alturas del Monasterio, a propuesta de la Congregación. Durante cinco días, a partir del primero de julio, junto con Hernán González de Lara, estuvo en las obras, vio las trazas y oyó a la Congregación (Bustamante 1994, 70). Finalmente ambos emitieron un informe sobre los dibujos de proyecto de Juan Bautista de Toledo, criticando diversos aspectos y sugiriendo algunas propuestas (Ortega 2001, 375).

No es esta la única vez en la que Gil de Hontañón se aproximó a los dibujos de El Escorial y de la que se conocen datos fehacientes. En 1566 tasa el coste del claustro de la iglesia vieja y el de la enfermería que se quieren levantar, cuyas trazas había dado Juan Bautista de Toledo, y que se conserva en la Biblioteca del Palacio Real de Madrid (Bustamante 1994, 119). Pero no se encuentran influencias apreciables entre lo dibujos de El Monasterio y los de la Catedral de Segovia del siglo XVI.

Dibujos del siglo XVII

A finales del siglo XVI se ralentizan las obras de la catedral; se reanudaron con vigor en 1614, para volver a rematar la torre que ardió ese mismo año, y a partir de 1682 para cerrar el crucero en cuatro años. En noviembre de 1614, a los dos meses del desastre, Pedro Brizuela lleva a cabo el nuevo proyecto para la torre, del que nos ha llegado una sección del campanario (Ruiz Hernando 2003, 36–37). La cúpula que proyecta es similar a la solución que propuso algunos años después, en 1630, para cubrir el crucero de la catedral, que también se conserva. Este proyecto no se llevó a cabo por razones económicas, pero en él se basó Francisco del Campo Agüero para redactar los que presentó al cabildo en 1660, el mismo año en que fallecía. El cabildo sugerirá al sucesor en el cargo de maestro mayor, Francisco Viadero, que rebaje la altura del crucero; éste acepta, y una vez realizadas las correspondientes reformas, comienza las obras que concluirán en 1686.

La solución propuesta por Brizuela para reponer el campanario, que, como hemos señalado, guarda gran semejanza con la que proyecta para el crucero, ha quedado reflejada en un dibujo en sección que presenta la singularidad de ser una sección constructiva en la que se definen los elemento de sillería, las hiladas de la cúpula y del tambor y cada uno de sus dovelas, con la notable particularidad de reflejar en el perfil de la sección, que dibuja con perfecta corrección según una línea cerrada, la relación entre las hiladas del trasdós y del intradós, definiendo una bóveda maciza, de una sola hoja, de sección variable y con todos sus lechos cónicos, sin hiladas horizontales en el arranque. Dentro de la general corrección del dibujo, llama la atención que las llagas o juntas entre dovelas de la misma hilada, que deberían aparecer como arcos de elipse, o al menos como curvas, se representan como rectas; pero esta simplificación es perfectamente aceptable dada la escala del dibujo.

Son escasas en este momento las secciones descriptivas de elementos constructivos; algunas en las que se definen las cubiertas y los suelos de madera, como el alzado con sección por el eje del patio de la primera casa de oficios de San Lorenzo de El Escorial, realizada por Juan de Herrera y fechada en 1578; más escasas aún son las secciones que muestran la configuración de la obra de cantería. Ya hemos mencionado las que aparecen en el manuscrito de Hernán Ruiz de intención más figurativa del espacio que de la construcción. Entre los dibujos de El Escorial hay una sección realizada por Francisco de Mora con indicaciones de Juan de Herrera para el Molino de la Compaña de 1596 (Bustamante et al. 175–178), en la que se refleja la disposición constructiva a la que debe ajustarse la obra de cantería en el perfil de la sección, y se describe la disposición de las hiladas en los paramentos y el despiece de la bóveda rebajada de la cuba de agua, que no llego a construirse, así como la del espacio que aloja la turbina. Se describe, únicamente, lo que sucede en el plano de corte sin reflejar el alzado interior, ahorrando esfuerzo, de manera que en este caso se trata más de un perfil constructivo que de una sección.

Sin embargo hay un precedente notable de la sección de Brizuela en el proyecto de Gaspar de Arce

para el remate de la Torre de los Signos o de las Campanas de la catedral de Lugo, la mas antigua de las tres que tiene la basílica lucense, fechado en 1575 y realizado por encargo del Cabildo, que deseaba elevar la torre para alojar un reloj (Goy Diz 1992, 150–151). Sobre la antigua caña de la torre se levanta un segundo cuerpo de igual planta cuadrada y un tercero, que en el exterior es octogonal y en el interior una bóveda esférica, coronado por una balaustrada, resolviéndose la transición mediante chaflanes cilíndricos, de eje horizontal, y trompas en cada caso. La cúpula, cuyo trasdós esférico sobresale parcialmente por encima del plano de la balaustrada, está coronada por linterna con cupulín. Los dibujos del proyecto que nos ha llegado son un alzado y una sección, en perspectiva frontal desde abajo, de los cuerpos añadidos. En el alzado aparece reflejado el despiece de los paramentos en detalle, con los arcos de medio punto sobre los huecos de las ventanas y las llagas de cada hilada alternadas, pero su autor carece de los recursos gráficos necesarios para hacerlo correctamente en aquellas superficies que no son planas, como los chaflanes cilíndricos o el trasdós del cupulín, que no dibuja. En la sección representa el despiece del intradós según una retícula, sin alternar las juntas verticales, como la bóveda que construye en la capilla de San Jacinto, en Santiago.

Dentro de la línea cerrada del perfil de la sección, que en el cupulín lo sería por una ventana que no toma en consideración, dibuja la configuración de la cantería, de manera que los muros serían macizos con hiladas pasantes y las bóvedas esféricas sin peralte, de sección constante, macizas, de doble hoja con las hiladas del trasdós solapadas y los lechos cónicos, desde la más baja, ninguna en avance. El despiece de la cúpula no presenta ninguna incorrección; se pasa directamente de un octógono a la circunferencia inscrita en planta, por vuelo, y sobre esta hilada hay una cornisa, ya circular, donde apoyaria la cimbra, y se remata en una hilada que ofrece lecho horizontal sobre la que se monta directamente el cupulín, que vuelve a repetir este mismo esquema. Sin embargo sorprende que, dadas sus dimensiones, las cúpulas sean de doble hoja.

Las secciones constructivas de Gaspar de Arce y de Brizuela difieren, en el tiempo, en más de medio siglo, pero en ambas se remata una torre cuadrada con una bóveda esférica trasdosada, de hiladas solapadas, con linterna, resolviendo la transición interior a través de un octógono sobre trompas y colocando en la esquinas exteriores jarrones o bolas sobre pedestal, y se define con una sección constructiva, poco habitual en aquella época. Podemos ver en todo ello un cierto paralelismo que podría ir mas allá anotando que Gaspar de Arce y Solórzano, llamado el viejo, trabajó en Santiago, donde acabo el claustro de Juan de Alava y Rodrigo Gil de Hontañón.

De la solución de Brizuela de 1630 para la cubrición del crucero se conserva la sección longitudinal, que incluye un tramo de la nave central y la capilla mayor, sin el presbiterio, en toda su altura (Casaseca 1977, 462; Ruiz Hernando 2003, 38–39). Presenta una gran corrección gráfica, en cuanto que la línea de sección es continua y delimita, sin dudas, el macizo y el vacío, incluso para las bóvedas de crucería, cuya dificultad ya conocemos. Se ha señalado que su autor se ha permitido algunas concesiones gráficas, mezclando elementos del alzado norte y sur y que no refleja con exactitud lo construido. Este comentario podría hacerse extensivo a las bóvedas de crucería pues las que dibuja son de las más sencillas, con tan sólo cuatro claves y la polar, muy alejadas de las complejas tracerías de las bóvedas segovianas construidas, lo que no debemos entender como un error sino más bien como una abstracción de lo construido. La cúpula se define mediante una sección constructiva que tiene su precedente en la ya comentada del campanario.

Las «monteas de la media naranja»

En el archivo de la catedral de Segovia se conserva una hoja que incluye tres dibujos: sección de una cúpula con linterna y dos monteas de bóveda de naranja, denominada en la época *Capilla redonda en vuelta redonda*. La cúpula del alzado es de sección constante y presenta una linterna decorada con bolas sobre pedestales, al modo escurialense. Una de las monteas representa una cúpula con 14 hiladas y la clave, si bien la primera hilada es mucho mayor que las restantes, y de hecho equivale a cuatro hiladas ordinarias; la montea menor tiene 7 hiladas y la clave. El dibujo de la cúpula dista de la calidad gráfica de los del monasterio y las monteas, como veremos, presentan numerosos errores e imprecisiones. Junto al alzado aparecen las inscripciones «Alçado de la media naranja», «Alçado de la linterna» y «Subira

media naranja y Linterna cinquenta y seis pies»; junto a la montea mayor tenemos el rótulo «Montea de la m[edia] Naranja».

Las monteas tienen gran interés, pues no es frecuente encontrar este tipo de dibujos en papel aplicados a un ejemplo concreto. En el caso de la bóveda semiesférica, el procedimiento gráfico para la obtención de las plantillas de intradós de sus dovelas se explica en los manuscritos de Alonso de Vandelvira (c. 1580, 60v), Alonso de Guardia (c. 1600, 69v; v. también 84v, 85 v, 87v) y Joseph Gelabert (1653, 90). La solución expuesta en los tres manuscritos es básicamente la misma y ha sido analizada por Rabasa (1996; 2000). Bastará decir aquí que se divide la semiesfera de intradós por medio de planos horizontales, lo que arroja una serie de paralelos que hacen las veces de líneas de junta de los lechos. No es posible obtener un desarrollo de la superficie esférica del intradós, dado que se trata de una superficie curva, pero esta dificultad se evita sustituyendo el sector esférico que corresponde a cada hilada por un tronco de cono que pasa por las dos líneas de junta de lecho consecutivas. Dada la simetría de la figura, estos conos tendrán sus vértices en la recta vertical que pasa por el centro de la semiesfera, pero estarán dispuestos a diferentes alturas. Estas alturas se pueden determinar gráficamente desde la sección de la bóveda, sin más que trazar una recta que pase por los puntos que representan las dos juntas de lecho consecutivas; donde esta recta encuentre a la vertical trazada por el eje de la bóveda tendremos el vértice del cono correspondiente. El desarrollo de los troncos de cono se obtiene entonces sin más que trazar dos arcos de circunferencia con centro en el vértice, pasando por las dos juntas de lecho. Cada tronco de cono queda desarrollado en una banda limitada por los dos arcos y que comienza en la generatriz que ha servido para encontrar el vértice. Para obtener lo que hoy entendemos como desarrollo completo del tronco de cono sería necesario computar la longitud de los arcos de círculo, y limitar la tira con una segunda generatriz (que coincidiría con la primera si se recortara y se construyera el cono de papel), pero ninguno de los manuscritos citados aborda el problema; de hecho Vandelvira se desentiende de él diciendo sin más que «las cuales dos cerchas cerrarás por do quisieres que miren al punto G»; es decir, que el cantero puede delimitar los arcos de círculo trazando la segunda generatriz libremente, siempre y cuando pase por el vértice del cono. Este desparpajo puede resultar sorprendente a nuestros ojos, pero hemos de tener en cuenta que incluso en una obra tan cuidada como la cúpula del crucero de la basílica de El Escorial la longitud de las dovelas no es uniforme; sin duda, esto permitía a los canteros emplear con más eficiencia la piedra que llegaba de la cantera en bloques de diferentes longitudes o escuadrías (v. también Calvo et al. 2005, 57–63; Calvo, Alonso y Martínez Ríos 2008). Se ha demostrado en la práctica cómo cualquier plantilla, más o menos larga, puede servir para cualquier pieza, desplazándola en un sentido u otro si no es suficiente o si sobra (Rabasa 2007, 13–55).

En la práctica, estos trazados de cantería se realizaban, por lo general, a tamaño natural, en el suelo o en las paredes, con objeto de evitar la pérdida de precisión que inevitablemente comporta un cambio de escala. Un trazado de cantería hallado en las terrazas de la catedral de Sevilla por Ruiz de la Rosa y Rodríguez Estévez (2002), confirma que esta técnica se empleaba en la práctica a mediados del siglo XVI. La semejanza de esta montea con los trazados de Vandelvira, Guardia y Gelabert es notable; de hecho, no parecen existir las segundas generatrices, lo que da a entender que los canteros se planteaban obtener una plantilla genérica, válida para todas las dovelas de la misma hilada, aunque tuvieran longitudes diferentes. No se han conservado proyecciones horizontales de las juntas de lecho, pero si el perímetro prácticamente completo de la imposta, que no sería estrictamente necesario para obtener el desarrollo de las dovelas.

En este contexto, las monteas de la catedral de Segovia presentan gran interés, pues no se trata de propuestas teóricas abstractas, como las de Vandelvira, Guardia y Gelabert, pero tampoco de la montea a tamaño natural, como en las terrazas de Sevilla. Merece la pena, por tanto, realizar un análisis detallado de estos dibujos. En primer lugar, como señaló Ruiz Hernando (2003, 40–41) se trata de dos hojas, unidas horizontalmente; la mayoría de los trazos son de pluma y tinta sepia, pero existe un trazo que parece estar realizado con punta de plomo. El espaciado de corondeles y puntizones es idéntico en ambas hojas, si bien una de ellas presenta una filigrana con tres medias lunas y la otra no. Algunos trazos, en particular las generatrices de los conos, atraviesan las dos hojas. La montea menor tiene el mismo diámetro y está situada precisamente debajo de la linterna del alzado,

lo que hace evidente la correspondencia entre los dibujos. No ocurre lo mismo con la montea mayor, pero el trazo de punta de plomo tiene el mismo diámetro y está realizado bajo el alzado de la media naranja. Esto parece indicar que el autor intentó construir tanto el alzado como las monteas en una sola hoja, pero advirtió pronto que no había espacio suficiente para hallar la intersección de las generatrices de los conos inscritos en las primeras hiladas con el eje de la bóveda; para resolver este problema, redujo la escala de la montea mayor y quizá añadió la segunda hoja. Aún así, resulta también significativo comprobar que se divide la bóveda en hiladas, todas de la misma altura excepto la primera, que equivale a cuatro de las restantes; esto se debe, con toda probabilidad a que para esta primera hilada el centro de los arcos que limitan el desarrollo, esto es, el vértice de los conos, se iría fuera del papel. El problema sería todavía más grave en los trazados a tamaño natural, por lo limitado de los espacios empleados con este fin, como casas de trazas, terrazas, muros, u otros análogos.

Todo esto, unido a la precisa indicación «Subira media naranja y Linterna cinquenta y seis pies» indica con claridad que no se trata de un ejercicio didáctico, sino un dibujo orientado a la resolución de un problema concreto. Resulta significativo comprobar que se representa únicamente la sección de la mitad de la bóveda y la mitad de la linterna, aprovechando que la simetría de la figura hace innecesario obtener las plantillas de las dovelas de la mitad opuesta; así pues, se economiza el trazado como se haría en una montea. También apunta en esta dirección el elevado número de dovelas de la bóveda, frente a la división de la directriz en cinco o en siete partes, usual en los manuscritos citados.

Según el levantamiento de Miguel Ángel Alonso, la altura de la cúpula del crucero de la catedral de Segovia, medida desde la imposta de la media naranja al punto más elevado del trasdós del cupulín hemisférico de la linterna, es de 19,1 m, lo que equivale a 68,4 pies segovianos de 27,93 cm. Por tanto, podría en principio tratarse de un tanteo para el proyecto de la media naranja y linterna del crucero, como señaló Ruiz Hernando (2003, 40), pero en tal caso tendríamos una versión anterior del proyecto, de menor altura. Ahora bien, el autor de este esbozo pudo elegir con cierta libertad la altura del conjunto, pero el diámetro de la cúpula estaba más condicionado, entre otros factores por la separación entre los pilares del crucero. Si ponemos a escala el dibujo, obtenemos un diámetro interno de la cúpula de 13,7 m y un diámetro exterior de 14,9 m; en la obra que ha llegado a nosotros, estas medidas valen 13,2 m y 15,0 m. Es decir, todo apunta que nos encontramos ante un tanteo de la bóveda del crucero de la catedral de Segovia, más chata y más delgada que la solución finalmente adoptada.

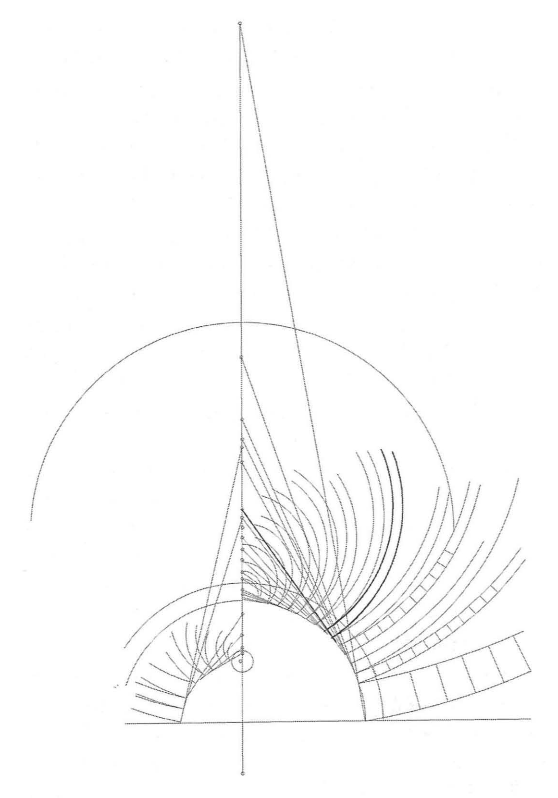


Figura 1
Montea de una media naranja en el archivo de la catedral de Segovia, en el que se destaca el desarrollo de una de las hiladas y la generatriz, equivocada, que para este desarrollo se emplea. Dibujo de Enrique Rabasa

Este carácter de tanteo queda reflejado en varios errores e imprecisiones de las monteas. Examinando la montea mayor con atención, se aprecia que no se ha trazado en realidad la sección de la bóveda; lo que aparenta ser una circunferencia es en realidad la envolvente de las generatrices de los conos inscritos en

cada hilada. Por otra parte, las generatrices no se trazan uniendo los puntos que corresponden a las juntas de lecho, como hacen Vandelvira y Guardia, sino pasando por el punto medio de cada hilada. Es más, el desarrollo del cono correspondiente a la cuarta hilada no se traza, y que a partir de la quinta hilada las generatrices pasan por el centro que correspondería a la hilada anterior. Es decir, el desarrollo de la quinta hilada se obtiene mediante arcos que tienen por centro el que correspondería a la cuarta hilada, y así sucesivamente. Como consecuencia de esto, resulta aparente a la vista que los arcos que limitan el desarrollo cruzan la sección de manera muy oblicua, y tienen su centro más alto de lo debido, mientras que en un trazado correcto los mencionados arcos deberían cruzar a la línea de la sección más o menos ortogonalmente; por decirlo con más precisión, esa ortogonalidad se daría para un arco intermedio entre los dos arcos. Si se hubieran empleado en la labra de las dovelas de la cúpula unas plantillas obtenidas a partir de este trazado, las hiladas resultantes serían demasiado estrechas, y además algunas de las juntas entre dovelas de la misma hilada no se dispondrían en planos meridionales, contra lo que es regla prácticamente invariable en las bóvedas de naranja. En la montea pequeña se cometen errores semejantes, y en la parte alta falta uno de los desarrollos; en concreto, parece que se toma por error alguno de los centros correspondientes a la montea mayor, con la que comparte el eje.

Este tipo de errores se daría fácilmente si el tracista dibujara primeramente todas las generatrices de los conos y después se ocupara de todos los arcos de los desarrollos; así se podría perder la cuenta, y, si no se domina el proceso, pasa inadvertido lo incorrecto del resultado.

Frente a lo que propone Vandelvira, en la montea mayor se divide cuidadosamente el desarrollo de algunas hiladas, en concreto la primera, la segunda y la quinta, en partes iguales, lo que parece indicar una intención de igualar la longitud de las dovelas para obtener un aspecto más uniforme de la bóveda, como se hace con mejor o peor resultado en la bóveda vaída de la sacristía de la catedral de Murcia y en la bóveda de naranja del crucero de Santiago de Jumilla. Examinando el dibujo con atención se aprecia que la primera dovela de cada hilada es mayor que las demás, pero a continuación aparecen unas pequeñas perforaciones a lo largo de los arcos que limitan el desarrollo, coincidiendo con los puntos de división, lo que da a entender que las divisiones se practicaron con el compás de puntas. La cuestión tiene un marcado interés, pues ninguno de los manuscritos citados expone este método; únicamente existe una referencia muy indirecta en Vandelvira que sugiere el empleo de la cercha con este fin (Calvo et al. 2005, 57–63; Calvo, Alonso y Martínez Ríos 2008).

A la luz de todo lo anterior, resulta claro que no se trata de material didáctico como el de los tratados mencionados, pero también parece evidente que no se trata de un dibujo estrictamente operativo, sino de un primer tanteo para una montea a tamaño natural. Además de las razones expuestas, no resulta razonable suponer que el contorno de cada dovela que aparece en los dibujos, de algunos milímetros, pueda ser ampliado para obtener una plantilla a tamaño natural. Por otra parte, y teniendo en cuenta los errores mencionados, quien trazó estos dibujos geométricos estaba ensayando y aprendiendo el sistema, y no lo controlaba del todo bien. Quizá la intención inicial de estos dibujos previos sería conocer de antemano los problemas que podrían plantearse durante la realización de la montea, como la falta de espacio para trazar las generatrices de las hiladas inferiores, y en general dirigir la ejecución de la montea a tamaño natural.

Conclusión

Por fin el 8 de junio de 1686 se derribaron los paredones que separaban las naves de la cabecera descubriéndose el crucero con su media naranja «a cuya vista entusiasmado el concurso [de gente] prorrumpió en gritos de alegría y acción de gracias» (Ruiz Hernando 2003, 38).

La solución finalmente construida es una bóveda peraltada montada sobre pechinas con dobles resaltos en el exterior y pilastras en el interior, coronada por una linterna. No presenta recubrimiento exterior ni interior alguno, lo que nos ha permitido medirla con estación láser, definir sus perfiles y establecer la posición de las juntas entre hiladas y entre dovelas de la misma hilada tanto del trasdós como del intradós. El perfil exterior e interior de la cúpula dibujan una bóveda semiesférica, las juntas entre hiladas del trasdós y del intradós están alineadas radialmente por lo que todas sus hiladas tienen los lechos cónicos, sin hiladas horizontales en el arranque. Vistas en planta, las juntas entre dovelas de una misma hi-

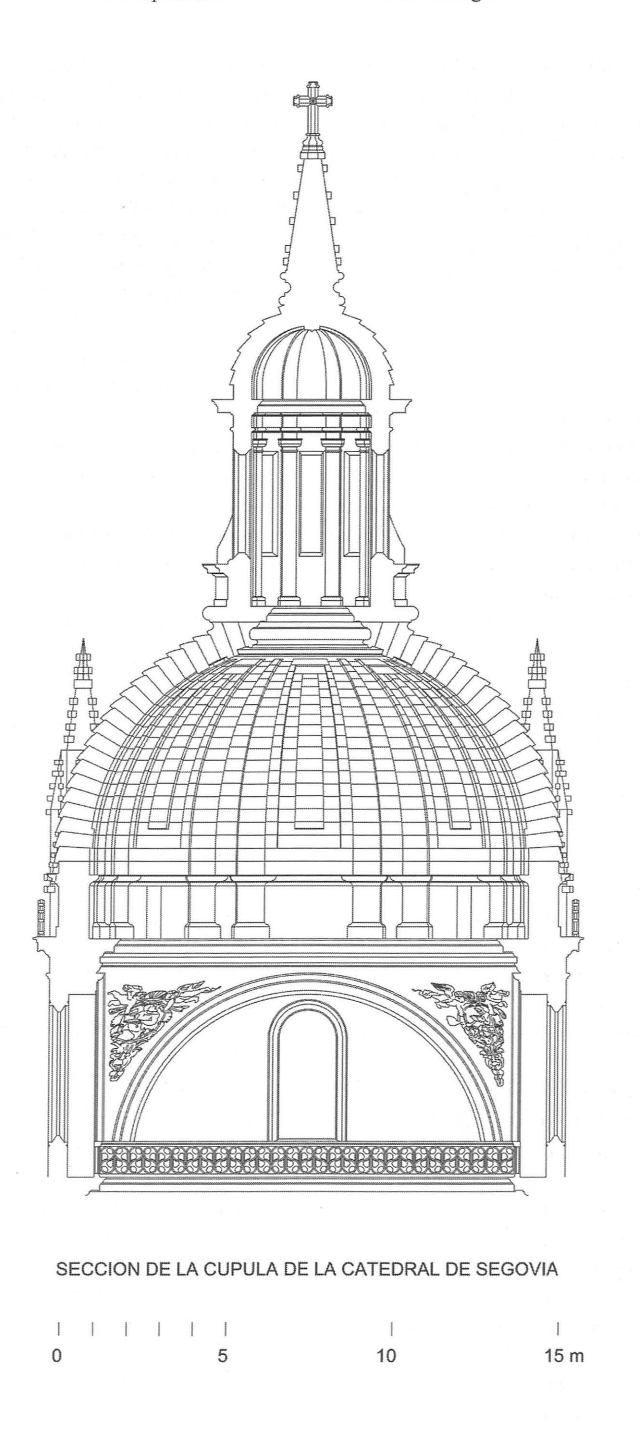


Figura 2
Levantamiento de la bóveda del crucero de la catedral de Segovia. Miguel Ángel Alonso Rodríguez

lada por encima de la duodécima están alineadas de forma radial, no habiéndose podido confirmar este dato con seguridad para las hiladas inferiores debido a las ocultaciones que producen los botareles sobre la parte baja del trasdós. Aunque a partir del perfil de la cúpula podemos deducir que toda ella es de una sola hoja. En la sección reflejamos esta disposición constructiva.

NOTA

Este trabajo ha sido realizado como parte del proyecto de investigación «Construcción en piedra de cantería en el ámbito hispánico. Fuentes documentales y patrimonio construido», del Plan Nacional de I + D + I, (BIA2006–13649). Deseamos agradecer las facilidades ofrecidas por el Cabildo de la Catedral de Segovia para realizar nuestro trabajo.

LISTA DE REFERENCIAS

Bustamante García, Agustín. 1994. *La octava maravilla del mundo. Estudio histórico sobre el Escorial de Felipe II.* Madrid: Alpuerto.

Bustamante García, Agustín; Javier Ortega Vidal y Delfín Rodríguez Ruiz. 2001. *Las trazas de Juan de Herrera y sus seguidores*. Madrid: Fundación Marcelino Botín-Patrimonio Nacional.

Calvo López, José; Miguel Ángel Alonso Rodríguez; Enrique Rabasa Díaz y Ana López Mozo. 2005. *Cantería renacentista en la catedral de Murcia*. Murcia: Colegio de Arquitectos.

Calvo López, José; Miguel Ángel Alonso Rodríguez y María del Carmen Martínez Ríos. 2008. Levantamiento y análisis constructivo de la cabecera de la iglesia de Santiago de Jumilla. En *Jornadas de Patrimonio Arquitectónico ... de la Región de Murcia*, 649–659. Murcia: Consejería de Cultura.

Casaseca Casaseca, Antonio. 1977. Trazas de Pedro de Brizuela para la Catedral de Segovia. *Boletín del Seminario de Estudios de Arte y Arqueología* 43: 459–462.

—. 1978. Trazas para la catedral de Segovia. *Archivo Español de Arte* 51 (201): 29–52.

—. 1988. *Rodrigo Gil de Hontañón (Rascafría, 1500–Segovia, 1577)*. Valladolid: Junta de Castilla y León.

Gelabert, Joseph. 1653. De l'art de picapedrer. Biblioteca del Consell Insular de Mallorca, Palma de Mallorca.

Goy Diz, Ana. 1992. Los trasmeranos en Galicia: la familia de los Arce. En *Juan de Herrera y su influencia*, 147–158. Santander: Universidad de Cantabria.

Guardia, Alonso de. 1600 c. Manuscrito de arquitectura y cantería. Anotaciones sobre una copia de

Battista Pittoni, *Imprese di diversi principi, duchi, signori ...*, Libro II, Venecia, 1566. ER/4196. Biblioteca Nacional, Madrid.

Hoag, John D. 1958. Rodrigo Gil de Hontanon: His work and writings. Late medieval and Renaissance architecture in Sixteenth century Spain. Ph. D. dissertation, Yale.

—. 1985. *Rodrigo Gil de Hontañón. Gótico y Renacimiento en la arquitectura española del siglo XVI*. Madrid: Xarait.

Navascués Palacio, Pedro. 1974. Estudio. En *Libro de Arquitectura de Hernán Ruiz el Joven*, Madrid: Escuela Superior de Arquitectura.

Rabasa Díaz, Enrique. 1996. Técnicas góticas y renacentistas en el trazado y la talla de las bóvedas de crucería españolas del siglo XVI. En *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, 423–433. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

—. 2000. *Forma y construcción en piedra. De la cantería medieval a la estereotomía del siglo XIX.* Madrid: Akal.

—. 2007. *Guía práctica de la estereotomía de la piedra,* León: Akal.

Ruiz el Joven, Hernán. 1550 c. Libro de Arquitectura. Biblioteca de la Escuela de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.

Ruiz Hernando, José Antonio. 2003. *Las trazas de la catedral de Segovia*. Segovia: Diputación Provincial de Segovia-Caja Segovia.

—. 1994. La catedral de Segovia. En *Medievalismo y neomedievalismo en la arquitectura española: Las catedrales de Castilla y León. Actas de los congresos de septiembre de 1992 y 1993*, 161–191. Ávila: Fundación cultural Santa Teresa.

Ruiz de la Rosa, José Antonio y Juan Clemente Rodríguez Estévez. 2002. 'Capilla redonda en vuelta redonda' (sic): Aplicación de una propuesta teórica renacentista para la catedral de Sevilla. En *IX Congreso Internacional Expresión Gráfica Arquitectónica. Re-visión: Enfoques en docencia e investigación*, 479–486. A Coruña: Universidad de A Coruña.

Ortega Vidal, Javier. 2001. Una muestra del dibujo de arquitectura en la España dorada. En *Las trazas de Juan de Herrera y sus seguidores*, editado por Agustín Bustamante García; Javier Ortega Vidal y Delfín Rodríguez Ruiz, Madrid: Fundación Marcelino Botín-Patrimonio Nacional.

Vandelvira, Alonso de. 1585 c. Libro de trazas de cortes de piedras. Biblioteca de la Escuela de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. Ed. facsimilar: *Tratado de arquitectura*, Albacete: Caja Provincial de Ahorros, 1977, con transcripción y prólogo de Geneviève Barbé-Coquelin de Lisle.

La traza guipuzcoana de la catedral de Sevilla

Begoña Alonso Ruiz
Alfonso Jiménez Martín

En el archivo del convento franciscano de la Santísima Trinidad de Bidaurreta, en Oñate (Guipúzcoa, España), se ha documentado la que hasta la fecha es la más antigua traza de la planta completa de la Catedral de Sevilla, el templo gótico más extenso del mundo. Se trata de un documento gráfico clave para la historia de la arquitectura española en forma de copia antigua de la traza original, de cuya interpretación se derivan novedades que afectan a la historia de la «magna hispalensis» y aportan luz a un episodio oscuro del desarrollo del dibujo arquitectónico al tratarse de uno de los escasísimos dibujos de arquitectura conservado en las coronas de Castilla y Aragón en las postrimerías de la Edad Media.[1]

La nueva traza: análisis del dibujo

La planta localizada en Bidaurreta se dibujó sobre un pliego de papel completo y sin recortar, de 460 × 552 mm, que se encontraba en mal estado de conservación, con manchas de humedad irregulares y pequeñas roturas en los bordes, ahora ya consolidado y adecuadamente restaurado.[2] El papel ostenta como filigrana una sencilla corona de tres florones inscrita en un círculo que Briquet ([1907] 1985) documenta en Aviñón (1403), Venecia (1482) y Génova (1497 y 1499). En la verificación del uso de esta marca entre la documentación catedralicia sevillana se han revisado los manuscritos y libros de fábrica fechados entre 1434 y 1524, estableciendo que la «courone à un fleuron et deux demi» sólo se documenta en los años 1434, 1449 y 1500, fijando un primer ensayo de datación para el plano.

El dibujo está formado por líneas trazadas a regla unas y otras a mano alzada, hechas con tinta sepia clara sobre un complejo y completo «rasguño», es decir, un trazado inciso realizado con un punzón que, en este caso, fue tan afilado que cortó el soporte en varios sitios y propició que la tinta se corriera en varios lugares. Este trazado previo, hecho exclusivamente a regla, fijó tanto los ejes de pilares y muros como los paramentos de éstos, componiendo la planta de un edificio exento. Posteriormente fue entintado siguiendo las líneas rasguñadas que interesaron, añadiendo entonces los elementos curvos, es decir, las plantas de pilares y pilastras, trazadas «a sentimiento». El dibujante calculó bien su extensión para que no se saliera del soporte, como es fácil advertir a izquierda y derecha, e incluso dejó espacio en la parte baja para los rótulos más extensos, pero por la parte superior se acercó demasiado al borde del papel, tal vez por respetar las proporciones de la planta dibujada, cuya rígida modulación así lo sugería, pero a pesar de ello quedó espacio para plantear una reforma de la cabecera del edificio, representada sólo por dos parejas de líneas inclinadas realizadas a mano alzada hacia el centro de ese borde superior, como arranques de un ábside ochavado.

Se trata de una planta constituida por la superposición de tres proyecciones al estilo de las plantas de

las catedrales de Coria y Segovia.[3] La más extensa es la sección horizontal de un edificio que se articulaba, de izquierda a derecha, en cinco naves, con capillas laterales en todo su contorno salvo en la parte baja, conformando diez crujías de abajo a arriba, para darnos lo que, a todas luces, es la representación de una iglesia gótica. Esta primera y fundamental sección fue dada cerca del suelo, pues muestra los huecos de nueve puertas y una mesa de altar pero ninguna ventana; no aparecen proyecciones de escalones, pues los cinco caracoles representados son simples círculos. La segunda sección la forman los muros con estribos lisos y las proyecciones de las nervaduras de 71 bóvedas ojivales. Destacamos las nervaduras de la nave central y el crucero que llevan ligaduras horizontales que remarcan los ejes de aquellos espacios, al igual que en la catedral de Burgos, mientras el centro del edificio queda cubierto con una bóveda de terceletes simples. Las bóvedas de las capillas llevan en la clave, rodeando el cruce de sus nervios diagonales, un sencillo círculo, mientras las de las naves laterales ostentan en el mismo lugar un cuadrado, un punto central y cuatro circulillos ubicados en los rincones de los plementos adyacentes. La tercera proyección está constituida por un simple cuadrado que representa la planta de un solo pináculo, ubicado en el estribo de poniente de la puerta septentrional del crucero. El edificio proyectado, aún sin cuantificar sus dimensiones, era colosal: 5 naves con 32 pilares exentos, 22 unidos a estribos, 4 pilastras, 9 puertas y un total de 20 capillas laterales.

La otra cara del soporte, amén de los dobleces, cortes del rasguño y manchas, muestra cuatro letreros escritos en diferentes orientaciones y con diferen-

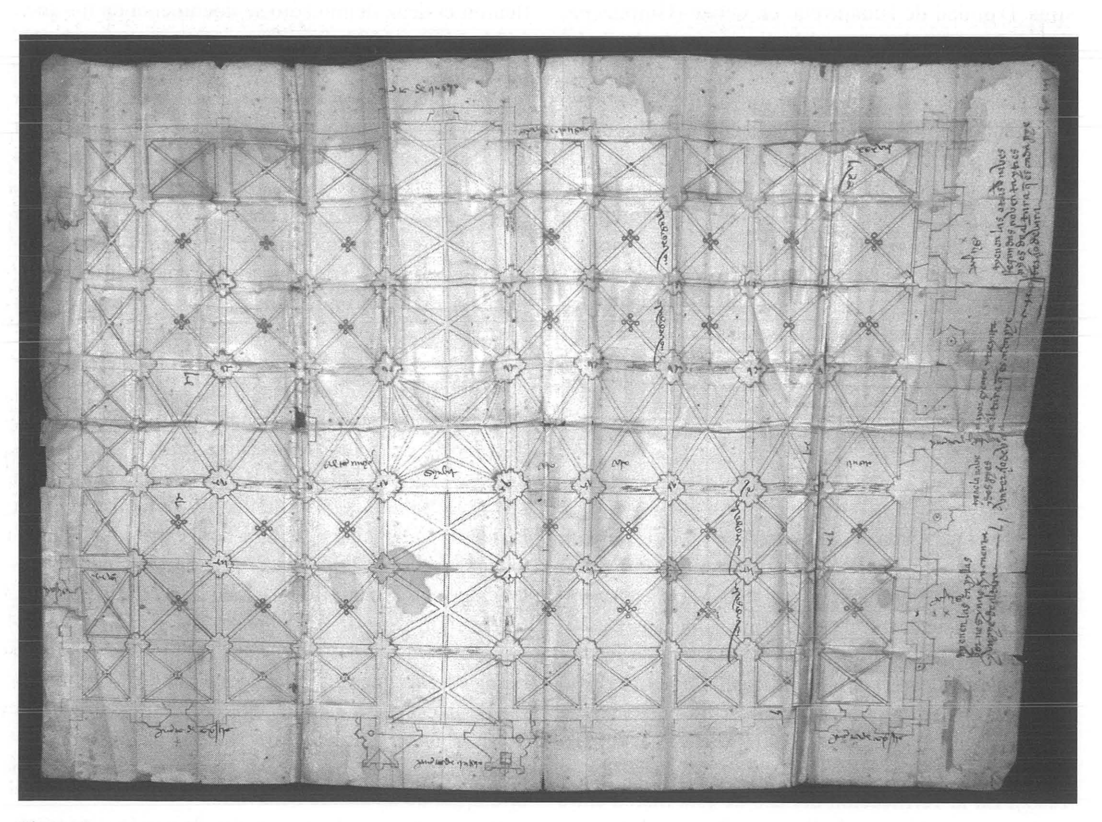


Figura 1
Anverso de la traza de la planta de la catedral de Sevilla (AJM)

tes tipos de letra que, ayudados por los pliegues del plano, nos permiten deducir la secuencia de los mismos. Siguiendo estas indicaciones, hemos establecido que el primero que se escribió fue el sencillo «traça». A continuación, con la misma orientación y letra, se incluiría el rótulo «traça dla yglya/ de sevylla». Cuando el plano fue trasladado a Oñate se incluiría «traca dela ygliâ del/ monefterio de la sctâ/ trinidad» y, con grafía y ortografía más tardía «B. N.40/ Traza de la Iglesia», que indica la signatura de una catalogación ya en el archivo de Bidaurreta, como se ha comprobado en otros documentos del archivo. Los letreros segundo y tercero, de contendido y posibilidades de lectura excluyentes, fueron eficaces cada uno en su momento, cuando el plano se dobló para su transporte, objetivo evidente de tantos pliegues. El tercer rótulo es la razón que explica que esta traza no se haya interpretada adecuadamente hasta ahora, presuponiendo que era un dibujo para la iglesia del convento de Bidaurreta, dedicada a la Trinidad (Lanzagorta y Molero 1999, 47). Sin embargo, dicho templo guipuzcoano es de una sola nave, aunque posteriormente se le agregaran capillas laterales abiertas entre sus contrafuertes. También es evidente que la catedral hispalense, el más extenso edificio gótico del mundo, tiene 5 naves, 10 crujías, nervios como los de Burgos, 3 puertas en el costado norte y una sola en el sur, y es —junto con la catedral de México— la única del mundo que, además, posee sendas puertas en la cabecera. No tenemos, pues, duda alguna de que estamos ante el más antiguo plano conocido de la catedral de la archidiócesis de Sevilla, y no ante el dibujo de la iglesia del convento vasco que lo atesora.

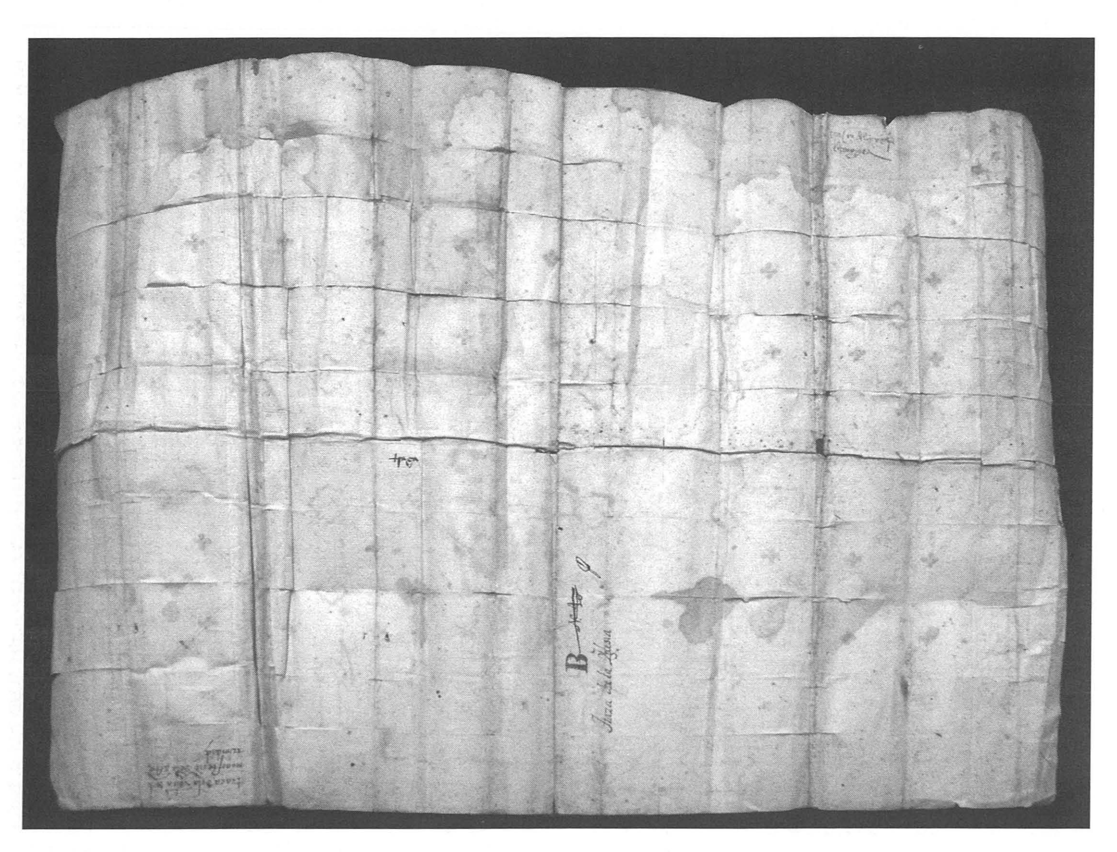


Figura 2
Reverso de la traza de la planta de la catedral de Sevilla (AJM)

Tras haber entintado el rasguño, el autor del mismo se planteó una serie de rótulos estratégicamente distribuidos que se pueden leer usando sólo dos orientaciones. Los textos, todos de la misma mano y con tinta más densa que la del gráfico, pueden ser fechados en la segunda mitad del XV por la grafía y las abreviaturas empleadas. Pertenecen a tres clases distintas: unos son simples cotas en números romanos colocados sobre el objeto o la dimensión acotada, otros dan noticia de alturas mediante explicaciones extensas, y una tercera clase son identificaciones de elementos que parecen escritos por la misma mano que escribiera los rótulos primero y segundo antes indicados en el reverso. Leídos por su lado corto, son los que siguen, acompañados de su denominación actual:

1. «Postigo», Puerta de la Adoración o de los Palos.
2. «Postigo», Puerta de la Entrada o de la Campanilla.
3. «Puerta de, Crucero», Puerta de san Cristóbal.
4. «Capilla del Antigua», arco exterior de la Capilla de la Antigua.
5. «Postigo», Puerta del Nacimiento o de San Miguel.
6. «Puerta del Perdón», Puerta de la Asunción o del Perdón [Nueva].
7. «Postigo», Puerta del Bautismo.
8. «Postigo de la Claustra», Puerta de San Fernando.
9. «Puerta de Crucero», Puerta de san Cristóbal o Colorada.
10. «Postigo de la Claustra», Puerta del Lagarto o del Pilar.
12. «Altar Mayor», altar mayor.
12. «Simbor[rio]», entrecoros.
13. «Coro», primer tramo del coro.
14. «Coro», segundo tramo del coro.
15. «Nave segunda», nave de San Sebastián.
16. «Nave segunda», nave de San Pedro.
17. «Nave segunda», nave de San Pablo.
18. «Nave segunda», nave de San Roque.
19. «Crucero», nave mayor.

Las cotas numéricas están escritas sobre todos los pilares exentos, de modo que se repite «xv» en los de la nave mayor y el crucero, incluido el cimborrio, y «xii» en los restantes. De igual manera se acotó con «vi» el espesor de un muro. Además, se acotó la Capilla de San Laureano, en el ángulo inferior izquierdo, escribiendo «xxxviii» en sentido norte-sur y «xxvi» en el contrario. En la capilla que antecede a la Puerta de los Palos se acotó la profundidad, «xxvi». Además están acotadas la anchura de una nave colateral con «xl» y la de la central, con «lx».

Delante de la Puerta del Bautismo está escrito «tyenen las capyllas/ hornesynas cyncuenta/ y un pyes de altura li». A continuación, delante de la Puerta de la Asunción, reza «Tyene la nave mayor cyento y treynta/ y dos pyes de altura q es cada pye/ un terçio de vara cxxxii» y, finalmente, ante la de San Miguel figura este texto, último del anverso «Tyenen las otras naves/ segundas noventa y tres/ pyes de altura q es cada pye/ terçio de vara xciii». Debemos enfatizar el dato de que todas las cotas aparecen en cifras romanas, lo que contrasta con las de otra traza muy posterior, la de la catedral de Coria (Cáceres, España) en la que se mezclan con cifras arábigas, evolución paralela a la que se documenta en todo género de textos.

Estos rótulos constituyen, por una parte, la descripción selectiva de los ámbitos del edificio gótico de la catedral hispalense, suficiente para certificar que estamos ante el dibujo de su planta. Pero además el dibujo contiene la acotación completa de las medidas modulares de las plantas de sus ámbitos y sus tres alturas básicas; es evidente que, en este orden de exactitud y extensión, sólo falta la altura del cimborrio que bien pudo ser uno de los letreros borrados en el anverso, delante de la Puerta del Bautismo.

El dibujo no tiene escala explícita; del resultado de la confrontación de las medidas del mismo con las del edificio original se deduce que las medidas de dimensiones homólogas arrojan cocientes que oscilan entre 1:238 y 1:255, por lo que tampoco parece haber sido dibujado siguiendo implícitamente una escala si nos guiamos por la unidad de medida actual.[4] Sin embargo, está muy bien proporcionado como era de esperar a la vista de su rígida modulación, pues todos los tramos de naves colaterales, el cimborrio y las capillas de los extremos de la cabecera son de planta cuadrada, mientras que los otros dibujan rectángulos cuyos lados son consecuencias directas de aquellos. Por tanto, está casi dibujado a escala pues la modulación la genera como una consecuencia natural.

El análisis de las cotas resulta más complejo. La primera constatación es que, como antes adelantamos, el autor nos dejó escritas todas las necesarias y suficientes para que, con la indicada modulación y las convenciones del estilo, la planta pudiera dibujarse con rigor. Seguidamente, y gracias a unas operaciones geométricas concatenadas, se podría deducir cuanto se necesitase para fijar las medidas de las formas esenciales del edificio, tal y como era un proceder habitual entre maestros góticos (Ruiz de la Rosa 1987 y 1996). Se trata, por lo tanto, de un plano apto para definir un proyecto gótico (Bucher 1968, Schöller, 1989). La comparación de las cotas, una vez convertidas a nuestras unidades, ofrece otro interesante camino analítico, pues en el edificio y en la documentación que le concierne podemos verificar si son correctas y, en cualquier caso, estudiar como han evolucionado. Comenzaremos por comparar esas medidas con la realidad, contando con dos dificultades: la unidad de medida, el pie, no está fijado con rigor absoluto para todas las ciudades hispanas medievales[5] y el dibujo carece de líneas auxiliares y de cotas, que tampoco hubieran servido de mucho a causa de su tamaño, de modo que no siempre sabemos *a priori* donde empieza o termina una medida.

Comenzando por las tres cotas de elementos estructurales, cabe señalar que la más sencilla, el espesor del muro, no casa con la realidad, pues no mide 6 pies, es decir, 1.672 mm, sino 1.050 mm. La solución de la incongruencia nos la ofrece el «Parecer y relación que dio Alonso Rodríguez» en 1513, pues informó de que «no tengan syno tres pies de pared e tres de fenecí» (Fernández Casanova 1888, 15), es decir, la medida que al parecer interesaba a los arquitectos era la suma del muro y del estribo, espesor sobre el que acometían los arcos, que alcanza en la realidad la cifra de 1.630 mm que sí se acerca al plano de Bidaurreta.

Las otras medidas se refieren a los pilares, a los que atribuye el plano únicamente dos: 15 pies para todos los pilares de la nave central y el crucero, incluido el cimborrio, y 12 pies para los restantes pilares exentos. Un documento de 1449 certifica que en la catedral además existía un tercer tamaño, de 13 pies, pues entre enero y julio de aquel año le pagaron al cantero Juan de Segovia piedras para los pilares de 15, 13 y 12 pies.[6] Además, el ya mencionado parecer de Alonso Rodríguez de 1513 informa de que había pilares de tres medidas, 10, 12 y 15 pies, y como localiza los primeros en las naves colaterales y los últimos en el cimborrio, queda la medida de 13 para los de la nave central y el crucero, exceptuando los cuatro del centro del edificio (Fernández Casanova 1888, 9–18). La congruencia de estas medidas, comparadas con las que podemos obtener en el edificio actual (Almagro Gorbea et al. 2007) arrojan este resultado:

	Traza de Bidaurreta	1449	Parecer de Alonso Rodríguez, 1513	Actual
Colaterales	12	12	10	12
Central	15	13	12	13
Cimborrio	15	15	15	15
Cabecera	12		10	13

El cuadro demuestra la independencia de las medidas del plano respecto del informe de 1513. Los pilares del dibujo de Bidaurreta son los más gruesos, por lo que, si solo tomásemos en consideración este dato, su construcción hubiera quedado del lado de la seguridad y consecuentemente, bajo este punto de vista exclusivo, el edificio construido supuso un cierto ahorro de material al disminuir la sección del soporte y con ellos su seguridad.

Otra tanda de cotas corresponden a la latitud del edificio, que nuevamente comparamos con las de Alonso Rodríguez y la realidad presente.

	Bidaurreta	Alonso Rodríguez	Actual
Capilla san Laureano	26	30	26
Nave de san Roque	40	40	40
Nave de san Pablo	40	40	39
Nave central	60	60	58
Nave de san Pedro	40	40	40
Nave de san Sebastián	40	40	37
Antiguo baptisterio	26	30	25
TOTAL	272	280	265[7]

Esta tabla indica que los datos del plano son los más que más se acercan a la realidad, justo en aquello que es lo primero que se materializa de un edificio: su replanteo sobre el terreno. También es evidente que respecto a los datos de Bidaurreta y Rodríguez, la planta del edificio presenta distorsiones imperceptibles a simple vista pero verificables: a igualdad de tamaño, el plano de Bidaurreta y una copia del actual son virtualmente idénticos. La última medida en planta que nos falta por analizar es la profundidad de las capillas de la cabecera, que fija el plano en 26 pies. Si bien, la medida sobre el edificio equivale, aproximadamente, a 23 pies, se debe considerar la existencia de sendos retablos pétreos que ocultan la espalda de la Puerta de los Palos levantados en los últimos años del siglo XV. La dimensión original, sin dichos retablos, la podemos tomar en la inconclusa capilla cuyos nervios acometen contra la Giralda, y resulta ser 26 pies.

La última comparación es la que hace referencia a las alturas, en las que Alonso Rodríguez no puede ayudarnos mucho, pues solo da 120 pies de altura para la nave central:

	Bidaurreta	Alonso Rodríguez, 1513	Actual: arcos	Actual: claves	Actual: Plementos	Relación de la reducción de alturas
Capillas	51		45	46	46	0,117
Colaterales	93		83	127	128	0,107
Central	132	120	121	141	142	0,083

Este cuadro demuestra que las medidas del plano son muy superiores a las reales, lo que explicaría la potencia de sus pilares e insinúa que estas dimensiones no se tomaron en la obra, pues de lo contrario se hubieran parecido a alguna de las actuales. La proximidad de la única medida de Rodríguez a la real certifica que debió tomarla *in situ*, quizás desde el andamio que este mismo maestro instaló para restaurar el pilar caído dos años antes. La reducción de altura constituye un dato a tener en cuenta, pues no es un recorte lineal uniforme, ni fue necesario establecerla desde el primer momento. Las medidas en planta, fueran cuales fueran, fueron necesarias para construir desde el comienzo de la obra en 1433 y aunque entonces sufrieron retoques sobre lo previsto, lo cierto es que se mantuvieron. Las alturas, en cambio, no

fue imprescindible fijarlas hasta 1438 en que se documentan las primeras cimbras en la fábrica (Jiménez Martín 2006, 56). Debe destacarse que la reducción se realizó de forma inversamente proporcional a la altura del arco, como demuestra la última columna del cuadro precedente, sugiriendo que la sección del edificio se basaba en un triángulo, cuyo vértice superior no cambió.[8]

Del estudio de los datos métricos se extrae, por tanto, que el dibujo de Bidaurreta es un plano relacionado con el proyecto, un plano técnico como algunos de los que conocemos de la época. Al tratarse de un documento de proyecto, su principal valor debiera ser el predictivo, como anticipo de la realidad construida, ya que este dibujo carece de la intención añadida a otros dibujos de la Baja Edad Media europea que perseguían como principal objetivo seducir a los clientes gracias a un despliegue de virtuosismo gráfico, como el ya citado de Juan Guas para San Juan de los Reyes. En este sentido el plano de Bidaurreta no es uniforme, como se han encargado de demostrar el análisis métrico, pues algunas de sus previsiones métricas así como otros elementos representados no fueron finalmente respetados. Existen dos detalles formales que inciden en este mismo aspecto, aunque en sentidos opuestos: en la fachada principal, el dibujo muestra sólo tres caracoles, asimetría que parece no existir en el edificio actual pues cuesta trabajo detectar que el caracol que sobra en el dibujo, y falta en la realidad, fuese parcialmente eliminado a fines del siglo XVII al construir la Capilla de los Jácome. Respecto al «nervio burgalés», podemos encontrarle hoy en la nave central y en las capillas laterales, pero en el dibujo falta en éstas, como si el autor del proyecto quisiera que el abovedamiento se pareciese al de la catedral de Burgos. En la construcción, sin embargo, apreciaron alguna virtud en esta disposición y por ello la anticiparon, construyendo el nervio también en las capillas, donde el dibujo no los tenía previstos. Sin embargo, no podemos descartar una posibilidad: que la ausencia del «nervio burgalés» en las capillas dibujadas sea un simple olvido en el momento de entintar, pues en otro dibujo de la planta sevillana realizado por Fernández Casanova en 1890 con el objetivo de documentar los existente, no se representaron ni uno sólo de estos nervios en las capillas, ni tampoco en la nave central, que el plano de Bidaurreta no olvidó (Gestoso y Pérez 1890).

La fecha de la traza

Cristianizada en 1248, la antigua mezquita mayor almohade sevillana comenzó a ser derribada en el año 1433 para dar paso, empezando por los pies, al edificio gótico (en la documentación «Obra Nueva») que conocemos, cuyo proyecto es aún objeto de conjeturas respecto a su tracista y sobre su definición original. No existen referencias documentales explícitas y directas en el riquísimo archivo catedralicio sobre las trazas originales del templo gótico, pese a que la extensión y uniformidad de tan magna obra exigiera que los maestros y los mayordomos que se sucedieron en el cargo tuvieran a la vista un dibujo del proyecto. El derribo del edificio musulmán se prolongó durante décadas, no llevándose a cabo en toda su extensión, hecho que obligaría a los maestros a verificar el replanteo cada vez que derribaban un tramo de la antigua mezquita. Sin embargo, en las publicaciones y manuscritos conocidos no se recoge ninguna referencia a traza o dibujo de proyecto. Es Espinosa de los Monteros en 1635 el primero que cita un plano de «estado actual» que la historiografía ha convertido en los planos de la catedral que dibujados sobre dos pergaminos acabaron quemados en el incendio del alcázar de Madrid. Sólo a comienzos del siglo XIX tenemos una referencia, muy lejana y sin fundamentos acreditados, sobre el dibujo del proyecto, de manos de Ceán Bermúdez. Esta falta absoluta de referencias válidas hasta 1804 sólo puede significar que dicho plano de proyecto no estaba en la Catedral.

El primer nombre relacionado con el proyecto sevillano es el de maestre Ysanbarte (1410–1434), un arquitecto francés, cantero de la catedral de Lérida, que ejerció como maestro en Aragón, como maestro mayor de la catedral de Palencia y supuesto cantero mayor del rey en 1432. Está documentado en la fábrica sevillana en los años 1433 y 1434 (Jiménez Martín 2006, 50–51). A él parecen corresponder las decisiones básicas previas, empezando por las trazas del templo gótico que, en aquella época, podían consistir sólo en una planta general de lo proyectado. El dato publicado por Torres Balbás (1952, 256) que menciona un «cantero mayor del rey» Juan II llamado «Isumben», que identificó con Ysanbarte, podría indicar que fue enviado a Sevilla por el rey en 1433 para inspeccionar el tema de la capilla real, siendo contratado por el cabildo como director de las obras

tras haber hecho la traza; quizás no volvió a causa de su dedicación a los encargos regios.

El despliegue de medios, conocimientos y personas que requería una obra de tal envergadura se hizo bajo la dirección de otro maestro del mismo origen, pues sabemos «Mestre Carlí, piquer, mestre de la Seu de Lleida, natural de la ciutat de Roan del regne de França» desempeñó la maestría mayor de la «Obra Nueva» desde la primavera de 1435 hasta el otoño de 1447. El primer libro de fábrica de la Obra Nueva que se conserva (1436–1439) le muestra ya junto a un equipo de canteros pequeño pero consolidado, constituido inicialmente por siete profesionales, el maestro y varios ayudantes de procedencia catalana. Durante su etapa sevillana no hay mención alguna en la documentación a trazas, dibujos, monteas o plantillas, aunque fue muy generalizado el uso de marcas personales de los canteros para signar los sillares. Bajo la dirección de Carlín, la catedral pasó de ser un derribo parcial, unas cimentaciones parcialmente reaprovechadas y algunos basamentos moldurados de piedra de El Puerto de Santa María (Cádiz, España), para convertirse en una descomunal fábrica que alcanzaba en su época una cuarta parte de la extensión que se había previsto. Las líneas básicas, dentro de unas formas tan sencillas como grandes, se mantuvieron rigurosamente durante otros treinta años.

Entre 1446 y 1449 se registran al parecer dos estancias del maestro valenciano Antoni Dalmau en la catedral dedicadas a resolver cuestiones plásticas, por lo que no extraña que las primeras labores decorativas, relacionadas con los elementos propios de las portadas, se acometieran inmediatamente. Esta tarea coincide con un período de ausencia de maestro mayor, pues la dirección de la obra la ostentaban dos aparejadores, Pedro Sánchez de Toledo, vinculado como cantero a la obra desde 1436, y otro de posible origen francés, Juan Normant, que trabajaba en la obra desde 1439. Tras casi siete años de dirección colegiada, aparecen entre los oficiales de la fábrica Normán como maestro mayor y Pedro de Toledo como aparejador. Consta que todas las bóvedas, desde los pies al crucero, estaban cerradas en 1478, unos meses antes de la jubilación de Normán, aunque el resto del edificio continuaba en alberca, lo que no impidió que fuera objeto de una inauguración parcial con motivo del bautizo del príncipe don Juan, el único hijo varón de los Reyes Católicos (Jiménez Martín, en prensa).

El sistema de reclutamiento de los canteros, en una ciudad en la que apenas si se practicaba esta actividad, se realizó a través de contactos personales entre miembros de cabildos catedralicios (es casi seguro que los tres maestros franceses que se han citado procedían de Cataluña), y familiares ya que el cuarto maestro mayor, Juan de Hoces, o de Foz, fue el yerno de Normán. Hoces, que trabajaba como cantero de la Obra Nueva en 1462, está acreditado como director de los trabajos al menos desde 1488 hasta su fallecimiento en mayo de 1496 (Jiménez Martín 2006, 80–82). Podemos afirmar que en su etapa se materializaron los cambios que habrían ido madurando durante los decenios anteriores que, pudiendo resultar decisivos en un edificio más pequeño, en éste se integraron como un relativo enriquecimiento de sus formas. En los años siguientes se estrena un nuevo modelo de maestría compartida al alimón entre un maestro residente pero muy viajero y bien relacionado (Alonso Rodríguez, atestiguado en la obra entre 1496 y 1513) y otro, Simón de Colonia, que aparece por la catedral de vez en cuando entre 1495 y 1498, quizás con funciones de tracista. Mientras, en 1498 las capillas y las naves bajas de la cabecera, salvo las tres capillas centrales de la misma, quedaron concluidas, al menos en términos estructurales. El cimborrio, como culminación oficial del gran buque gótico, se cerró con toda solemnidad el 6 de octubre de 1506, pero sólo duró en pie cinco años, pues el 28 de diciembre de 1511 dio en tierra. Su reconstrucción se inició inmediatamente, razón por la cual visitaron la obra, dieron informes y trazas maestros como Juan Gil de Hontañón —el siguiente maestro de la fábrica entre 1513 y 1519—, Juan de Álava, Juan de Ruesga, Juan de Badajoz «el viejo» y Enrique Egas, los más destacados arquitectos del reino. Con ellos concluía la fase gótica de la catedral sevillana, y entre estos diez últimos maestros, creemos que debiera estar el autor del dibujo que nos ocupa.[9]

Si esta nómina de maestros se cruza con la historia constructiva del edificio como otro elemento de análisis, las conclusiones resultan muy significativas. Sabemos del estado de la catedral por un plano que se conserva en los Uffizi de Florencia formando parte de una colección en la que trabajaba Giorgio Vasari, «el Joven» entre 1598 y 1604 (Jiménez Martín y Pérez Peñaranda 1997, 72). El dibujo, que tiene pitipié, es una copia simplificada de la catedral de la misma época, del siglo XV, a la que se había incor-

porado un proyecto para la Capilla Real de 1541. Significativamente, al igual que ocurre en el plano de Bidaurreta, tampoco aparecen en él la Giralda y el patio almohade que aún vemos en pié, pues hasta la segunda mitad del siglo XVI se siguió pensando en derribarlos (Falcón Márquez 1980, 157). La novedad del plano de Bidaurreta en este sentido es que dos de sus puertas accesorias y sus correspondientes letreros sugieren un planteamiento plausible, pero indocumentado hasta hoy: la construcción de un claustro gótico con la misma extensión del almohade. Otras ausencias significativas del plano de Bidaurreta sobre lo construido, igualmente compensadas mediante rótulos, son la del cerramiento del coro, cuyas primeras noticias datan de 1478 (Jiménez Martín 2006, 76), y la de las escalinatas y rejas del altar mayor. La laguna más radical, pues ni siquiera tiene rótulo, es la del bloque de cuatro plantas que hoy respalda al gigantesco retablo Mayor, complejo edificio que no se inició, ni al parecer se pensó, hasta que Alonso Rodríguez cerró la bóveda adyacente en 1504 (Jiménez Martín 2006, 89), construida precisamente con el diseño de terceletes que el dibujo asigna al cimborrio, como si fuera un adelanto relacionado con el deseo de dar a la bóveda central del edificio una solución aún más suntuosa.

La cronología de la ampliación de la Capilla de la Antigua resulta también interesante. Se trata de la más cercana a la cabecera del edificio y también a los Reales Alcázares de la parte del templo concluida ya en 1478 siendo, además, la sede de la más popular devoción mariana de la ciudad, particularmente favorecida por la reina Isabel. En el plano de Bidaurreta es el único ámbito de la catedral signado con su nombre específico pero mostrando su extensión original, en vez de la ampliada, cuyas obras, las primeras vinculadas a un arzobispo concreto, habían empezado en el año 1500 (Jiménez Martín 2007, 408). Así pues, el dibujo refleja el estado del edificio entre 1433 y 1500, pero aún podemos reducir esta cronología estudiando cambios menores de la forma original, cuya apariencia podemos suponer gracias al rigor y uniformidad del primer templo sevillano, cuyo esquema es nítido como pocos, tanto como el del plano de Bidaurreta.

Si continuamos ahora con el análisis de los accesos al espacio gótico del templo, el marco cronológico del plano se delimita aún más. Estos accesos se construyeron, siguiendo el proceso habitual, en dos o más etapas: una primera como huecos abiertos en paredes inacabadas que inmediatamente quedaron enmarcados por los estribos exteriores y, una segunda dedicada a sus arquivoltas, gabletes, pináculos y demás elementos tectónicos propios de la decoración gótica, concluyendo posteriormente con la estatuaria. Por ejemplo, las Puertas de San Miguel y del Bautismo, a los pies del templo, quedaron definidas en 1434 cuando se cerraron los cimientos de esta zona, labrándose las arquivoltas en 1449 (Jiménez Martín 2006, 68). Nunca han tenido retablos pétreos por el interior y así lo refleja el plano. Las orientales puertas de los Palos y de la Campanilla, en la cabecera, se realizaron al final de los años cuarenta, terminando la arquitectura de la primera en 1481 y la segunda quizás a continuación, pues no hay diferencia entre ellas. Los cuatro retablillos pétreos que las flanquean por el interior están labrados a la vez que los elementos exteriores y sus carpaneles se parecen a la Puerta del Lagarto, lo que los lleva a la penúltima década del siglo XV. Estos retablillos no aparecen en el plano, donde se da como cota para la Puerta de los Palos aún la medida primitiva, 26 pies, y no los 23 que quedaron tras labrar los retablos. La citada Puerta del Lagarto, que comunicaría la cabecera del templo con el claustro, fue abierta al final de los años cuarenta del siglo XV, completándose el resto antes de 1485, cuando se dotó la aneja capilla del Pilar (Jiménez Martín 2006, 78). Respecto a los huecos de las puertas del crucero, suponemos que fuesen abiertos en los años cuarenta del siglo XV, completando el resto de sus elementos (partes altas, andenes, remate de los caracoles y cresterías), a partir de 1509 (Jiménez Martín 2006, 97), quedando en jarjas las portadas propiamente dichas hasta fines del siglo XIX (Gómez de Terreros 1999). Los retablos pétreos interiores, por sus formas, son coevos de las portadas orientales, labrados a partir de los años ochenta del siglo XV y no figuran en el plano.

De todo ello se infiere que las previsiones del plano fueron modificadas por la obra poco antes de 1481. Además, existen otros dos cambios fechados entre 1449 y 1481. Sin embargo, su uso cronológico es discutible a causa de su tamaño, pues difícilmente pudieron reflejarse a la escala aproximada a la que está la traza, si bien esta circunstancia si fue recogida en otros planos posteriores de la catedral, realizados a menor tamaño que el que nos ocupa. Sabemos, en primer lugar, que las dos capillas que preceden a la

de la Antigua poseían un arco de comunicación que no aparece en el dibujo, pues la más occidental de ellas, dedicada hoy a San José, hizo el papel de nave de la oriental, cuya advocación sigue siendo San Hermenegildo, constituyendo ambas el ámbito funerario del cardenal Cervantes, que estaba en Sevilla en 1448, donde falleció cinco años después y cuyo sepulcro de alabastro se terminaba en 1458 (Jiménez Martín 2006, 65–72). Finalmente, cada una de las capillas de la parte que estaba inconclusa en 1478 muestra en su muro oriental un «tabernáculo», es decir, un arcosolio para alojar imágenes, que tampoco el dibujo acusa. Como el plano no refleja ninguno de estos cambios que acabamos de pormenorizar, sostenemos que el plano de Bidaurreta refleja la situación anterior a los mismos.

Algo similar sucede en las anchuras de las naves, cuya prevista simetría quedó modificada desde 1433; otro cambio significativo es el de los pilares, pues ya en 1449 habían reducido el tamaño de los pilares de la nave central de 15 a 13 pies, y aunque es un cambio muy pequeño como para notarlo en el dibujo, no es menos cierto que la cota explícita es la primitiva.

Este cambio de medidas, unido a la característica marca de agua del papel o la manifiesta ausencia de determinados elementos interiores, indican que nos encontramos ante la copia más antigua de la traza completa de la gran catedral de Sevilla que presumiblemente haría Ysanbarte en 1433, pues su contenido informativo, con independencia de su materialidad, no incluye los cambios métricos y formales que se fueron produciendo en la década siguiente. Tal vez la copia fue hecha con el propósito de asegurar los datos del pergamino original ya que a partir de aquel momento empezaron a proyectarse los cambios que se detectan en la cabecera, modificaciones que se reflejarían con facilidad en la traza primitiva. Al transformar el pergamino, se haría necesaria esta copia como una precaución del mismo tenor que la adoptada en 1488, cuando se contrató un segundo aparejador para garantizar la continuidad de los trabajos en caso de que faltara el maestro o el aparejador más antiguo. El carácter de copia se debe a la naturaleza del soporte, pues sospechamos que un plano que se preveía de uso continuo y decisivo, en una obra de tal envergadura y duración, debía estar trazado sobre pergamino, pues en este material, caro, grueso y duradero, ya hemos visto que se habían dibujado las trazas de templos españoles de similar categoría.

Juan López de Lazarraga y el convento de Bidaurreta

Como ya se ha indicado, la traza fue identificada en el archivo del convento de monjas clarisas de la Santísima Trinidad de Oñate, en Guipúzcoa (Lanzagorta y Molero 1999). El fundador del convento, el secretario real don Juan López de Lazarraga, era un alto cargo de la administración de los Reyes Católicos en la que está documentado desde 1491; fue contador mayor, contador de la reina, secretario real y testamentario de la reina Isabel La Católica, siendo después secretario de su hija la reina Juana. Con este perfil de cercanía a los monarcas, no es de extrañar que encargase la traza y diseño de su fundación en su villa de nacimiento a dos destacados arquitectos del momento: Juan de Ruesga (Cendoya Echaniz 1994) y Pedro de Malpaso, vinculados con algunos encargos de la Corona. En concreto, en 1512 Juan de Ruesga era uno de los arquitectos que por encargo del rey Fernando el Católico debía inspeccionar las obras de la Capilla Real de Granada y la caída del cimborrio sevillano (Alonso Ruiz 2005, Alonso Ruiz 2007). Por su trabajo sevillano se le pagaban 50 ducados al final de dicho año, pero hacía ya dos años que se habían abierto los cimientos de Bidaurreta y Ruesga no había vuelto por allí, por lo que cuesta explicar la llegada del plano sevillano a Oñate de manos de Ruesga.

Así, las hipótesis más verosímiles apuntan hacía el propio don Juan López como la persona que llevó el plano a Guipúzcoa, a consecuencia de su actividad como secretario real. Hasta donde nos ha llevado la investigación, el único hecho documentado que vincula de forma directa a Lazarraga con la catedral hispalense, fue una reunión de las Cortes de Castilla, la denominada «de 1500», precisamente en la Capilla de la Antigua, la única identificada en la traza de Bidaurreta. Por el cronista Ortiz de Zúñiga sabemos que los Reyes «Celebráron luego aquí Cortes (segundas en este año), que se abriéron Jueves 19 de Diciembre en la Santa Iglesia en la capilla de nuestra Señora de la Antigua, presidiéndolas Don Juan de Fonseca» (Ortíz de Zúñiga [1796] 188, 175). No existe ninguna duda sobre la participación de don Juan López de Lazarraga en los preparativos, pues un documento de 12 de marzo del año siguiente, fechado en Sevilla, acredita que el contador real figuraba entre los oficiales reales a los que se distribuyeron 10.000 mr como salario por

este motivo (Carretero Zamora 1988, 39). Suponemos que entonces, como organizador de las Cortes, fue cuando el contador recibió la copia de la traza de la catedral, que le acompaño hasta finalizar, tras su muerte, en el archivo conventual de Bidaurreta junto a todo su legado, al igual que le ocurrió al escudo real de doña Juana destinado a la fortaleza de Alegría, cuyo dibujo ha sido compañero perpetuo, aunque casual, de la traza sevillana.

Notas

1. Esta comunicación se incluye dentro del Proyecto de Investigación «Arquitectura y poder: el Tardogótico castellano entre Europa y América», del Ministerio de Ciencia e Innovación, Dirección General de Investigación, ref. HAR2008–04912/arte. En este trabajo exponemos un resumen de las conclusiones fundamentales derivadas del estudio de la traza guipuzcoana, remitiendo a Alonso y Jiménez 2009 para una lectura más amplia sobre dicho análisis y el contexto arquitectónico de la catedral sevillana y sus arquitectos góticos.
2. Archivo del convento de Bidaurreta (Oñate, Guipúzcoa, España). Debemos agradecer a Mª José Lanzagorta, a la madre abadesa María Jesús Odriozola y las religiosas Araceli Azurza y Arantza Gastesi, su ayuda en lo concerniente al archivo conventual. Manifestamos también nuestro agradecimiento a Isabel González Ferrín, archivera de la catedral de Sevilla, por su ayuda en cuestiones paleográficas y documentales.
3. La catedral de Coria (Cáceres) fue dibujada sobre pergamino por Bartolomé de Pelayos en 1502; la de Segovia está fechada en 1524 y fue dibujada por Juan Gil de Hontañón. Sobre ambas véase Sánchez Lomba 1982 y Casaseca Casaseca 1978.
4. Cabe la posibilidad de que se escalara para la relación que hoy denominamos 1:250, siendo las oscilaciones frutos de los factores mencionados y las pequeñas, pero evidentes, distorsiones de la planta real del edificio.
5. Usaremos la conversión oficial publicada en la *Gaceta de Madrid* el 28 de diciembre de 1852, página 1. Según ella, 1 vara de Castilla, patrón oficial en la provincia de Sevilla, medía 0,835905 y por lo tanto un pie equivalía a 279,68 mm.
6. Archivo de la catedral de Sevilla, Fondo Capitular, Fábrica 09339: folio 82 y 82vº (paginación original), 69 y 69vº (paginación actual).
7. Esta medida es consecuencia de una reducción aconsejada por la proximidad de los elementos almohades del patio que subsistieron, cfr. Pinto Puerto 2006, 238 y Pinto Puerto 2007, 107.
8. Intuimos que la base geométrica debe parecerse al problema por el que consultaron a Stornaloco, en Milán, en 1391, cfr. Ruiz de la Rosa 1987, 204 y ss.
9. Sobre los maestros góticos de la catedral cfr. Rodríguez Estévez 1998, Rodríguez Estévez 2006. También Jiménez Martín 2006, 15–113 y Alonso Ruiz 2005, 33. Ahora Alonso y Jiménez 2009, 125–177.

Lista de referencias

Almagro Gorbea, Antonio et al. 2007. *Atlas arquitectónico de la catedral de Sevilla.* Sevilla: Cabildo Metropolitano.

Alonso Ruiz, Begoña. 2005. «El cimborrio de la *magna hispalense* y Juan Gil de Hontañón». *Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción.* Volumen I. Madrid: 21–33.

Alonso Ruiz, Begoña. 2007. «Un nuevo proyecto para la Capilla Real de Granada». *Goya, Revista de Arte, Fundación Lázaro Galdeano,* nº 318: 131–140.

Alonso Ruiz, Begoña y Jiménez Martín, Alfonso. 2009. *La traça de la iglesia de Sevilla.* Sevilla: Cabildo Metropolitano.

Briquet, C. M. [1907] 1985. *Les filigranes. Dictionaire historique des marques du papier des leur apparition vers 1282 jusqu'en 1600.* [Geneva], Nueva York: Hacker Art Books.

Bucher, F. 1968. «Design in Gothic Architecture: A preliminary Assessment». *Journal of de Society of Architectural Historians*, 27, 49–71.

Carretero Zamora, J. M. 1988. *Cortes, monarquía, ciudades. Las Cortes de Castilla a comienzos de la época moderna (1476–1515).* Madrid: Siglo XXI.

Casaseca Casaseca, A. 1978. «Trazas para la catedral de Segovia». *Archivo Español de Arte,* LI, 29 y ss.

Cendoya Echaniz, Ignacio. 1994. «La construcción del convento de Bidaurreta (Oñate) en el siglo XVI. Juan de Ruesga, autor de su iglesia. El uso de un modelo vallisoletano para la clausura». *Boletín del Seminario de Arte y Arqueología de Valladolid.* LX: 321–338.

Falcón Márquez, Teodoro. 1980. *La catedral de Sevilla. Estudio arquitectónico.* Sevilla: Ayuntamiento de Sevilla.

Fernández Casanova, A. 1888. *Memoria sobre las causas del hundimiento acaecido el 1º de agosto de 1888 en la Catedral de Sevilla.* Sevilla: Imprenta [de la] Plaza de la Constitución.

Gestoso y Pérez, José. [1890], 1984. *Sevilla Monumental y Artística. Historia y Descripción de todos los Edificios Notables, Religiosos y Civiles, que existen actualmente en esta ciudad y noticia de las preciosidades artísticas y arqueológicas que en ellos se conservan.* Sevilla: Ayuntamiento, Monte de Piedad y Caja de Ahorros de Sevilla.

Gómez de Terreros y Guardiola, María del Valle. 1999. «Adolfo Fernández Casanova y la restauración de la Catedral de Sevilla: los procedimientos de ejecución de las obras». *El espíritu de las antiguas fábricas. Escritos de Adolfo Fernández Casanova sobre la Catedral de Sevilla (1888–1901).* Sevilla: Fundación para la Investigación y Difusión de la Arquitectura: 41–59.

Jiménez Martín, Alfonso. 2006. «Las fechas de las formas. Selección crítica de fuentes documentales para la cronología del edificio medieval». *La catedral gótica de Sevilla. Fundación y fábrica de la obra nueva.* Sevilla: Universidad de Sevilla: 15–113.

Jiménez Martín, Alfonso. 2007. «Rarezas de la capilla de la Antigua de la catedral de Sevilla». *La Piedra Postrera [Actas del] Simposium Internacional sobre la catedral de Sevilla en el contexto del gótico final.* Vol. 2, Sevilla: Taller Dereçeo: 401–420.

Jiménez Martín, Alfonso. En prensa. «Los primeros años de la catedral de Sevilla: nombres, fechas y dibujos». B. Alonso Ruiz (coord.). *Los últimos arquitectos del gótico.* Madrid: Ficciones Ed.

Jiménez Martín, Alfonso e I. Pérez Peñaranda. 1997. *Cartografía de la Montaña Hueca. Notas sobre los planos históricos de la catedral de Sevilla.* Sevilla: Cabildo Metropolitano.

Lanzagorta, Mª J. y Molero Esteban, Mª A. 1999. *Los Lazarraga y el convento de Bidaurreta (siglos XVI-XVIII): Un linaje en la historia de Oñate.* Bilbao: Eusko Ikaskuntza.

Ortiz de Zúñiga, Diego. [1796] 1988. *Annales eclesiásticos y seculares de la muy noble, y muy leal Civdad de Sevilla, metrópoli de la Andaluzía que contienen sus mas principales memorias. Desde el año de 1246, en que emprendió conquistarla del poder de los Moros el gloriosísimo Rey S. Fernando III de Castilla y León, hasta el de 1671 en que la Católica Iglesia le concedió el culto y título de Bienaventurado.* [Madrid, Imprenta Real], Sevilla: Guadalquivir.

Pinto Puerto, F. S. 2006. «Fábrica y Forma del templo gótico». *La catedral gótica de Sevilla. Fundación y fábrica de la obra nueva.* Sevilla: Universidad de Sevilla, 209–295.

Pinto Puerto, F. S. 2007. «La construcción de la catedral gótica de Sevilla». *La Piedra Postrera (1) Ponencias.* Sevilla: Tvrris Fortissima, 83–113.

Ruiz de la Rosa, J. A. 1987. *Traza y simetría de la arquitectura en la antigüedad y medievo.* Sevilla: Universidad de Sevilla.

Ruiz de la Rosa, J. A. 1991. «Diseño de pináculos de la Catedral de Sevilla. La justa medida». *Periferia. Revista de Arquitectura* 10 (Junio 1991): 136–143.

Ruiz de la Rosa, J. A. 1996. «Giralda-Catedral Gótica». *Cuatro edificios sevillanos: metodología para un análisis.* Sevilla: Fundación para la Investigación y Difusión de la Arquitectura, 21–71.

Sánchez Lomba, F. M. 1982. «Martín de Solórzano: la influencia de Santo Tomás de Ávila en los proyectos constructivos de la Catedral de Coria». *Norba-Arte*, nº 3, 63–76.

Schöller, W. 1989. «Le dessin d'architecture à l'époque gothique». R. Recht (dir.). *Les batisseurs des cathédrales Gothiques.* Estrasburg, 227–236.

Torres Balbás, Leopoldo. 1952. «Arquitectura gótica». *Ars Hispaniae. Historia universal del arte hispánico.* Vol. 7. Madrid: Plus Ultra.

Influencia de la ingeniería europea de las construcciones industriales en la arquitectura española de entreguerras

Jesús Anaya Díaz

El Premier Congrés Internacional du Béton et du Béton Armé realizado en Liége 1930, cerrará el periodo europeo de desarrollo y aplicación de las nuevas técnicas de construcción con hormigón armado, que con posterioridad a 1918 y sobre las revisiones de las bases científicas, desarrolladas por Mesnager, Magnel, Podolsky, Kann, Finsterwalder, Santarella, Faccenda ó Rieger, tendrán un amplio campo de aplicación y experimentación en las construcciones industriales, donde las exigencias de elevadas resistencias, grandes luces y versatilidad espacial, posibilitaron las soluciones que experimentaron ingenieros como Maillart, Wayss & Freytag, Dyckerhoff & Widmann, Dischinger, Freyssinet, Trocio, Santarella, Ribera, Boef y Ceballos entre otros.

El conjunto de soluciones técnicas en hormigón armado que se aplicarán en las construcciones industriales y su evolución tipológica hacia una nueva definición estructural, constituye un fundamento de la base documental para la investigación sobre la interpretación de la aplicación de los nuevos sistemas estructurales y constructivos en la producción de la arquitectura europea del primer tercio del siglo XX, que permite elaborar un conjunto de conclusiones clarificadoras sobre la influencia de la ingeniería de la construcción en la arquitectura española de entreguerras, identificando al tiempo las transformaciones que el nuevo material y sus técnicas de aplicación, aportaron al desarrollo y divulgación de las nuevas soluciones espaciales y tipológicas.

Este primer congreso representará la síntesis de conocimientos sobre el hormigón desde los primeros años de aplicación en la construcción hasta la divulgación de las últimas experiencias e investigaciones que después de la primera conflagración mundial, se habían multiplicado en el intento de la búsqueda de métodos de cálculo, procedimientos de control, construcción y la obtención de criterios más precisos y científicos de comportamiento de las estructuras construidas con el material.

El congreso se dividirá en dos secciones. La primera dedicada al cálculo, reglamentación y concepción de las obras en hormigón y en hormigón arma-

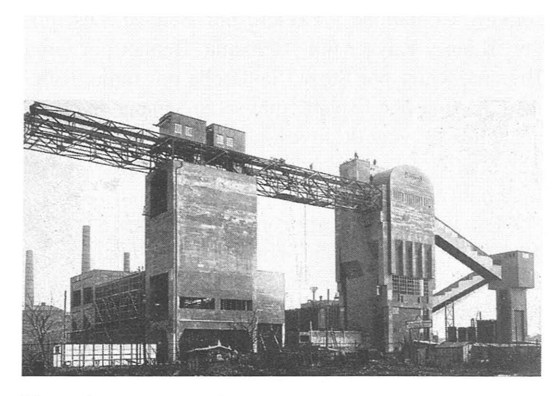


Figura 1
Meyer, A. 1928. Planta de gas Frankfurt a.M (Hilbersimer y Vischer 1928)

do. La segunda sección tratará todo lo relacionado con la ejecución de las obras.

Las áreas de conocimiento y de estudio para la adscripción de las ponencias de los participantes se repartirán entre ambas secciones. En la primera sección se encuadrarán las áreas: 1. The bound concrete, 2. Theoretical and experimental study of reinforced concrete and especially of slabs, roofs and large domes, 3. Important structures in concrete and reinforced concrete, 4. The contraction and thermal variations in concrete and reinforced concrete structures and the adequate provisions in regard thereto.

En la segunda sección: 5. Concrete and reinforced concrete architecture, 6. The composition, manufacture and utilisation of concrete and reinforced concrete on the work-yard and the control thereof, 7. Precast concrete (Pipes, piles, sleepers, etc.).

Es significativa tanto la lista de miembros del comité organizador, como la lista de participantes, entre los primeros destacarán como presidente del Comité de Patronage Ètranger a Mesnager, que junto Freyssinet, y Cuaqot serán representantes por Francia en el comité, Emperger por Austria, Maillart por Suiza y Meyers por los Países Bajos entre otros serán algunas de las figuras promotoras del congreso con un marcado interés en la definición del modo de trabajo del hormigón y el establecimiento de la unificación de criterios de diseño con el material. También será significativa la reseña de algunos de los miembros del comité organizador del congreso, Vierendeel como vicepresidente, Campus como secretario general y Cristophe como vicesecretario, y los también miembros representantes de los países asistentes, Esselborn, Contamine y Leclerq por Bélgica, Dischinger, Kann y Kayser por Alemania, Bennet por Gran Bretaña, Ritter por Suiza, Santarella por Italia, Ribera y Torroja por España, que serán señalados representantes de vías de investigación y de divulgación de soluciones estructurales y constructivas con el material (Anaya 2005).

Mesnager que ejercerá como Presidente de la «Association Internationale pour l'essai des matériaux» en el Premier Congrés Internacional du Béton, será una bibliografía de referencia para establecer la relación entre la carga límite de elasticidad y la carga máxima de rotura. (Mesnager 1900; Mesnager 1926) Debe tenerse en cuenta que su curso sobre hormigón armado, establecerá durante los años veinte los criterios y las capacidades resistentes del hormigón a partir de los diagramas de tensión-deformación del material (Mesnager 1921).

La investigación que replanteará la utilización del hormigón y su puesta en obra se mostrará en el congreso, en la ponencia que desarrollará Mesnager sobre la definición exacta de las líneas isostáticas para una aplicación genérica de las cargas exteriores, en particular analizando el caso de la viga biapoyada en sus extremos con carga en medio, estableciendo las dos familias de líneas isostáticas que se cortan ortogonalmente, y qué por superposición de ambas, Mesnager obtendrá las formas relativas al problema de Saint-Venant para vigas cargadas en un punto.

Las necesidad de una interpretación de la deformabilidad de una estructura en su conjunto relacionando todos los elementos que la componen, y habida cuenta de las ausencias en los métodos de cálculo en práctica, de un proceso para asociar coeficientes de reparto en un nudo para su equilibrio, el método desarrollado por Kann representante de Alemania, resolverá las estructuras de elevado grado de rigidez en los apoyos, midiendo directamente sobre un modelo de barras de ce-

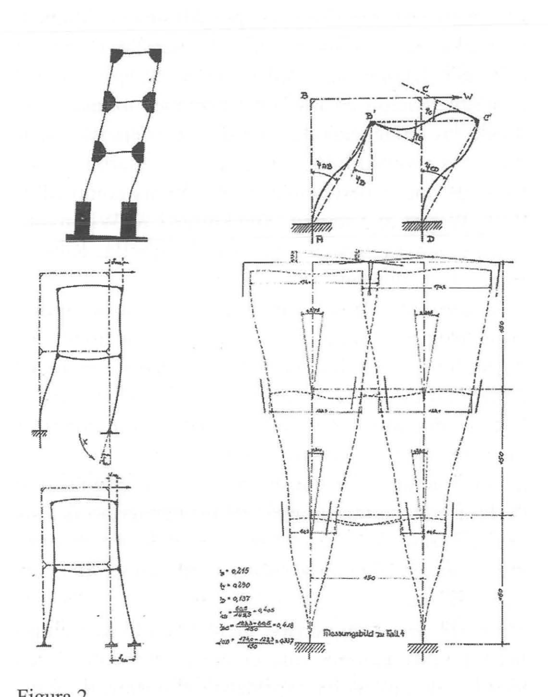


Figura 2
Kann, F. 1930. Modelos para el cálculo de giros y desplazamientos de estructuras aporticadas. (Kann,F. 1930)

luloide y nudos rígidos de madera que permitían elevados grados de deformabilidad. Se tratará de establecer las deformaciones angulares de las tangentes de las barras respecto a sus posiciones iniciales, es decir un análisis científico de las estructuras de entramado, que se aleje del cálculo de estructuras basado sobre hipótesis matemáticas sancionadas por desarrollos empíricos y fundamentalmente sobre las observaciones realizadas sobre obras concretas donde se apreciaban y valoraban las consecuencias tanto de las deformaciones diferidas como de las locales, cuestión que distintos autores (Magnel, Campus, Mesnager, entre otros) considerarán de imposible acercamiento con los medios de cálculo conocidos hasta ese momento, estableciendo los grados y coeficientes de seguridad en función de las experiencias materiales ejecutadas años atrás y de las respuestas, en cuanto fisuración y movimientos medidos (Kann 1930).

El valor añadido del procedimiento de Kann, es el poder estudiar de manera compleja el comportamiento conjunto de un tipo de pórtico y de una composición de pórticos determinando así las características deformables de distintas tipologías estructurales, dependientes de las soluciones de coerción de nudos, y obtener una apreciación y valoración apriorística de la solución estructural, que permitirá un acercamiento a las bases de diseño de la forma estructural.

El interés en el congreso por la determinación de las deformaciones del hormigón, en especial por aquellas deformaciones no experimentadas con frecuencia hasta entonces, como las deformaciones diferidas lentas, se superpondrá a la atención del desarrollo de las soluciones constructivas en hormigón y a la utilización en diversas aplicaciones de geometrías estructurales.

Luigi Santarella ingeniero italiano que publicará distintos tratados sobre hormigón armado de amplia divulgación en el ámbito de la ingeniería española de los años veinte que serán textos de referencia en la Escuela de Arquitectura de Madrid, (Santarella 1924; Santarella 1926) presentará dos ponencias que permitirán identificar por su significación el estado de conocimiento del comportamiento estructural de obras ejecutadas en hormigón armado. Los estudios presentados se realizan sobre los dos tipos fundamentales de puentes de hormigón armado, que desde el comienzo del siglo XX resolverán salvar las luces de vano, pequeñas, medianas y grandes. En primer lugar, el arco bajo el tablero apoyado en viaducto so-

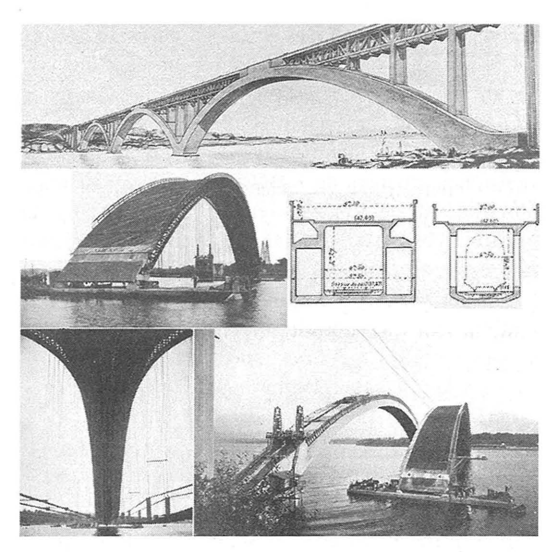


Figura 3
Freyssinet. 1924–1929. Proyecto de viaducto en hormigón armado sobre el estuario del Olm en Plougastel. Brest. (Freyssinet, E.1930)

bre él y en segundo lugar el arco con tablero colgado de aquel mediante tirantes (Santarella 1930a).

Para el autor, que no pondrá en tela de juicio el sistema bien conocido de cálculo mediante la fórmula del arco parabólico con empujes reducidos así como los instrumentos de medición comúnmente aceptados como los deflectómetros de Rabut, el interés de su estudio se situará en establecer la deformabilidad de las distintas estructuras no tanto como valor cuantitativo característico, como la capacidad de una estructura de asumir de manera compuesta diferentes tipos de cargas, estáticas, dinámicas, simétricas, asimétricas, acciones térmicas y retracción entre otras, estableciendo en relación a su solución constructiva el grado de rigidez de la estructura construida, reconociendo entonces las diferencias con las hipótesis de cálculo y los módulos de rigidez considerados que permitirá identificar las implicaciones constructivas en la limitación de las más características deformabilidades de un tipo estructural, ejemplo de ello las oscilaciones horizontales del tablero colgado de un arco en un puente (Santarella 1930b).

El estudio de las variaciones térmicas en el hormigón armado así como la deformación debido a las variaciones higrométricas, efectos de retracción y en

general las deformaciones lentas en obras de hormigón y hormigón armado, ocuparán un capítulo importante de las ponencias al congreso. Hay que tener en cuenta que las construcciones de gran escala, grandes naves en factorías, depósitos de elevadas dimensiones, puentes de luces superiores a 250 m, y superficies de cubiertas no regularizarán sus sistemas constructivos hasta la obtención de un conocimiento más especifico de las deficiencias que acarreaba el uso del hormigón en grandes cantidades. En este sentido será relevante la aportación del ingeniero francés E. Freyssinet al estudio teórico de deformaciones y la capacidad del hormigón para su recuperación (Freyssinet 1930).

La ponencia de Freyssinet sintetizará el trabajo que desde 1926 había presentado a la comisión técnica de la Chambre Syndicale des Constructeurs de Béton Armé, encargada de elaborar un nuevo proyecto de reglamento de construcción en hormigón armado que sustituyera al primer reglamento francés de 1906 aún en vigor. Los trabajos que se presentarán terminados en 1929, establecerán la capacidad y el cálculo de la recuperación de las deformaciones de un hormigón Portland según las condiciones ambientes higrotérmicas, el tipo de carga, y los módulos de elasticidad considerados. Los estudios teóricos se llevarán a cabo con el proyecto del puente de Plougastel y como explicará Freyssinet servirán para determinar el ajuste de los arcos del puente. Esta orientación, señala el interés por relacionar las diferencias del comportamiento teórico del material con los resultados que se darán con la incorporación de aquel en la ejecución de nuevas tipologías como la de los arcos de Plougastel, de gran escala y (500 a 1.000 m) biarticulados en sus apoyos. Tal interpretación será asumida por el proyectista como base de la definición del proceso de ejecución y en definitiva como condición de la forma estructural.

La consideración de que la fatiga de una estructura no depende solamente de la carga que recibe y que si depende de la capacidad de un material para el transporte de un volumen de carga proporcional a su deformabilidad será la base de los estudios, que desde 1907 a 1921 había desarrolla Freyssinet sobre las experiencias del puente de Villeneuve-sur Lote. Tales experiencias se basarán sobre el comportamiento de diferentes granulometrías de las mezclas para conseguir un mayor rozamiento interior según su expresión, que determinase una minoración de la deformabilidad.

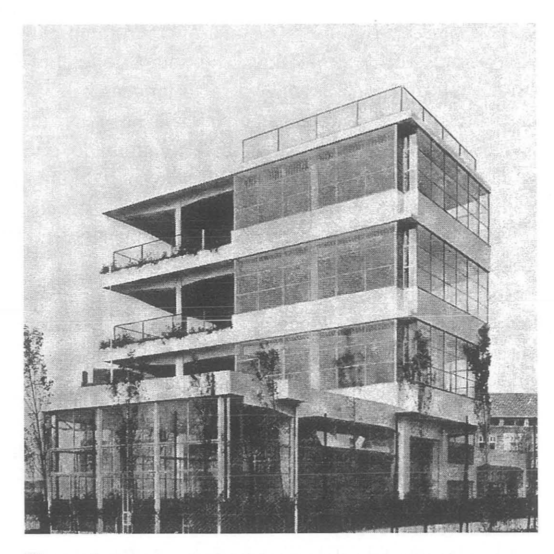


Figura 4
Duiker, I. 1925. Escuela al aire. Amsterdam. (Duiker y Meyers 1930)

El desarrollo de fórmulas matemáticas que se ajustaban al comportamiento de las deformaciones de una tipología de puentes será el camino recorrido por el ingeniero, que le permitirá prefigurar el comportamiento de soluciones radicales de cambio de escala de tipologías tradicionales como Plougastel (arco biarticulado) estableciendo una indisoluble solución entre el proceso y los instrumentos de ejecución, representado por el sistema de cimbrado y la cimbra flotante que empleó, introduciendo contraflechas con la solución final de la forma estructural.

El debate sobre cuál será la forma de la arquitectura de hormigón, que tanto eco había tenido en España, y que servirá para divulgar las arquitecturas europeas que reinterpretarán formalmente el uso del hormigón (Le Corbusier, Mendelsohn, Duiker, Perret, Bunz, Lurçat, ó el grupo Stijl) tendrá también una importante proyección en el congreso. Campus, secretario general de organización del congreso. En su disertación introductoria de la cuestión *3. Important structures in concrete and reinforced concrete,* hará referencia de manera significativa a la uniformidad de las soluciones estructurales en distintos países derivadas de la utilización de los mismos detalles constructivos en hormigón, considerando la aplicación a la solución particular y la localización de una



Figura 5
Brinkman y Van der Vlugt 1926–1930. Factoría Van Nelle. Rotterdam (Doesburg 1927)

obra como condiciones distintivas y base de la caracterización formal que identificará cada proyecto (Campus 1930b).

La base de la definición constructiva y la ejecución de las obras en hormigón armado habían venido establecidas por las regulaciones oficiales de cada país, que en la época del primer congreso y en función de los últimos conocimientos obtenidos en los años veinte estaban en general en revisión, sin embargo reconociendo tales diferencias en las regulaciones nacionales, Duiker y Meyer proclamarán la imposibilidad de revestir de un carácter nacional las construcciones realizadas en hormigón armado La estructura dotará de un carácter neutro, homogéneo e impersonal solamente diferenciado con los detalles y las específicas condiciones ambientales de un lugar.

La determinación de la forma de la arquitectura de hormigón armado será función de ciertas características de comportamiento del material, como la manera de transmisión de las cargas a los apoyos, aunque esto no podrá significar que se convierta en la expresión servil de la técnica. Interpretando los arquitectos holandeses que, la purezade la obra arquitectónica será tanto más perfecta cuanta dicha transmisión esté más conforme con las leyes naturales de la economía y donde el elementalismo estructural asumirá un papel de carácter distintivo, de las nuevas formas arquitectónicas (Duiker y Meyer 1930).

La libertad de elección del tipo de fachada tanto la geometría como el material, debido a la independencia entre esqueleto y cerramiento, así como la definición dimensional y la caracterización de sus superficies, serán extraídas de las experiencias constructivas de tipo industrial. Interpretando que la transformación en definitiva será la nueva expresión de la estática, al mismo tiempo que la capacidad de disposición de los cerramientos permitirá definirlos y situarlos en función del uso. Duiker y Meyer sostendrán que el muro de vidrio continuo será el cerramiento lógico de la arquitectura del hormigón armado.

El interés que despertarán las soluciones constructivas de geometría simple de los nudos estructurales dotando de una importante condición hiperestática a las estructuras resistentes, se proyectará en la atención por la recuperación de tipologías estructurales como las soluciones de Vierendeel para grandes luces y vigas de marcos La confianza que dará la rigidez constructiva de las uniones de los elementos estructurales supone la liberación de la ideación geométrica de las formas constructivas (Balis 1930).

Las soluciones de complejas superficies cónicas, cilíndricas, e hiperbólicas como las realizadas por el

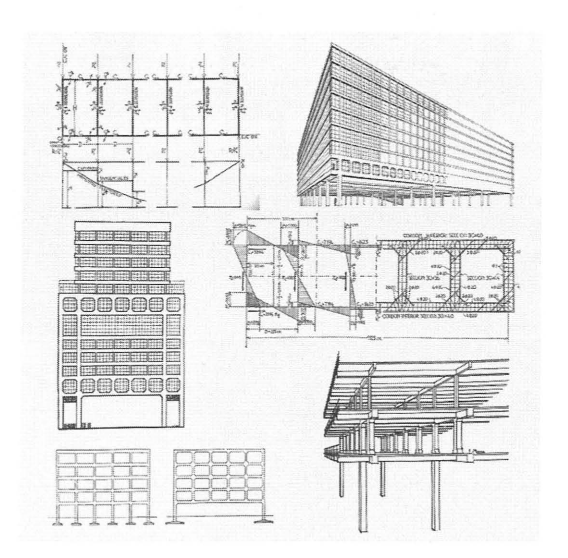


Figura 6
Vierendeel, A.1928. Aplicación de vigas Vierendeel (Moya, L. 1928 *Arquitectura*)

profesor Van Iterson, director de Netherlands State Mines en Heerlen en colaboración con G. Kuypers jefe de ingeniería de la New Works of the City of Amsterdam, serán el lenguaje común de los edificios construidos para la industria, donde las formas de geometrías puras resolverán las exigencias de soporte, contención y cubrición, y donde el valor de la escala espacial requerida, se resolverá con la indiferencia escalar de la estructura (Gerard 1930).

Se empleará para luces medias la solución de pórticos paralelos en arco ó con vigas poligonales sobre pilares estableciendo su arriostramiento mediante la disposición de retícula, definida con el uso de placas reforzadas mediante nervios en soluciones con superficies plegadas y bóvedas. Un ejemplo de este tipo será el que desarrollará la constructora Maillart & Cie. en la fábrica Pirelli en Villabona, y en la fábrica de hilados Benet, ambas cerca de Barcelona, donde se usarán esbeltísimas estructuras en shed, empleando como sistema de arriostramiento, la losa de hormigón armado sin nervaduras sobre los pórticos, con una gran simplificación de material (Hilbersimer y Vischer 1928).

En el primer caso con un perfil en sección muy rebajado que obligará al uso del atirantado mediante tirantes hormigonados de los pórticos, técnica que ya

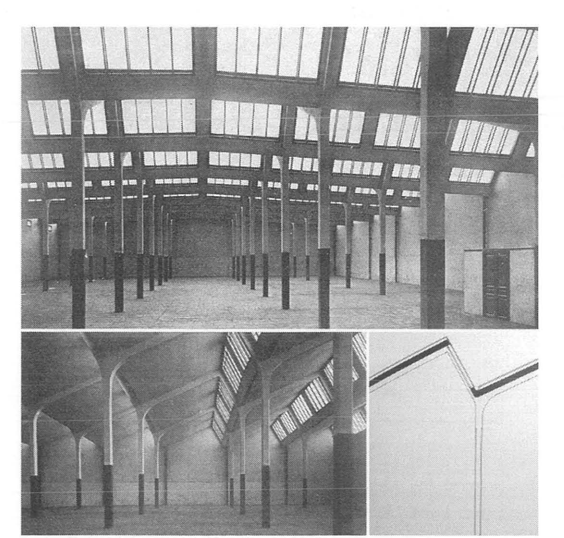


Figura 7
Maillart & Cie. 1928. Factoría de hilaturas Benet. Barcelona (Hilbersimer y Vischer 1928)

había divulgado la compañía Wayss & Freytag, en construcciones como la fábrica Steyr, un modelo también de transparencia estructural y elevado nivel de iluminación interna. La solución de la hilandería Benet, señala un interesante uso mixto de estructuras, los pórticos en shed sin atirantados soportarán en su sección triangular de una parte las losas planas sin nervaduras y sobre el otro palier una viga del tipo Vierendeel que conformando el gran lucernario de cubierta reforzará el arriostramiento perpendicular a los pórticos, rebajando las secciones de la losa plana.

Para grandes luces superiores a los 20 m, las limitaciones que imponía la solución de pórticos triarticulados y que con el cambio de material de acero a hormigón armado se acentuarán, por la imposibilidad de ejecutar pórticos suficientemente resistentes y aligerados para no colapsar debido a su propio peso, inclinará a los ingenieros al uso de la solución en arco derivada de la propia naturaleza del tipo de trabajo estructural del hormigón. Las soluciones constructivas de tablero apoyado sobre arco y tablero suspendido del arco, serán las más usadas. Siendo la rigidización y arriostramiento entre los pares de arcos constituyentes del sistema estructural de puentes, la caracterización diferencial.

Los criterios de cálculo de arcos en los primeros años veinte se basarán en la solución que el profesor E. Timochenko había desarrollado en su obra editada en Francia *Calcul des arcs élastiques* (Timochenko 1922).

Para la resolución de las grandes bóvedas hiperestáticas, Timochenko planteará establecer la coincidencia de la línea neutra con el funicular de los pesos muertos cogiendo como base isostática el arco triarticulado. Tal coincidencia que había sido considerada como «una figura racional de equilibrio» por el ingeniero C. Gay para establecer el cálculo de arcos en puentes de fábrica servirá de base al método que resolverá el problema de Max Ritter presentado en una comunicación al *Congrés International des ponts et charpentes* de Zurich en 1926 (Gay 1924).

El método conduce a emplear como fibra media el funicular del sistema de fuerzas constituido por las cargas fijas y un conjunto de fuerzas verticales virtuales dirigidas en sentido inverso al peso, la posición y el tamaño de estas cargas virtuales están determinadas a resolver el problema por el empleo de las líneas de influencia de los momentos centrales de las secciones de las claves y de los arranques de la bóveda.



Figura 8
Homs, Ll. 1916. Puente de la Princesa .Girona. (Capmany, J. 1918 Construcciones y Pavimentos)

Hay que tener en cuenta que el método de cálculo suponía un acercamiento a la solución final por aproximaciones sucesivas, cuyo cálculo más preciso del comportamiento de las bóvedas hiperestáticas se presentará por el ingeniero F. Campus en el congreso de Liége de 1930 (Campus 1930a).

La construcción mediante la composición de distintas tipologías, traducción mecanicista del comportamiento lineal de las estructuras debido a la lógica del estado de conocimiento, del comportamiento y de los métodos de cálculo estructural en uso hasta el comienzo de los años veinte del siglo pasado, darán paso al desarrollo constructivo de superficies en placa, losas y sus composiciones, a partir de los nuevos sistemas de cálculo de deformaciones divulgados por el ingeniero alemán F. Dischinger de la empresa Dyckerhoff & Widmann A.G., basadas en la definición de la línea elástica y su concordancia matemática con las deformaciones de las placas (Dischinger 1930).

El desarrollo tipológico del sistema Dywidagg se aplicará en la construcción de cúpulas de grandes luces, como las de la fábrica de electricidad de Frankfurt de 26 m, la cúpula de la fábrica Schott en Jena de 40 m, ó la de las termas Palastes de 150 m, proyecto del arquitecto Stodieck. Los criterios de compatibilidad de deformaciones entre placas y otros elementos estructurales así como la definición de las condiciones de borde de las placas se emplearán en la construcción de uno de los proyectos paradigmáticos de la arquitectura moderna industrial, el mercado central de Frankfurt del arquitecto Martin Elsaesser de 1926.

La memoria que presentará Dischinger (Dischinger 1930). en el congreso sobre el comportamiento estructural de las superficies de doble y triple curvatura se centrará en analizar las aplicaciones del sistema Zeiss-Dywidagg, así como sus caracterizaciones constructivas, interpretaciones de los análisis matemáticos que Finsterwalder había desarrollado (Finsterwalder 1927). La ponencia se desarrollará bajo seis epígrafes:

1. El estudio de los efectos del viento sobre las superficies de revolución conducente a determinar las líneas neutras múltiples
2. El estudio de las cúpulas de base elíptica por estirado de las esféricas
3. La cuestión de tensiones de inestabilidad y de vibraciones en la base de las cúpulas
4. Las bóvedas compuestas y la supresión de las nervaduras a lo largo de los caballetes
5. La aplicación de superficies de doble curvatura a las presas hidráulicas y su completa superioridad sobre las presas ovoides norteamericanas.
6. La supresión total del anillo portante de una cúpula y la ejecución de grandes cúpulas radiales desde el nacimiento y por tanto directamente sobre los pilares

Dischinger en su ponencia,analizará diferentes tipos de cáscaras y su comportamiento de a cuerdo a principios teóricos y matemáticos como los de G. Lamé y E. Clapeyron para la teoría de rotación de cáscaras y sus resultados de aplicación para diferentes condiciones de borde de acuerdo a los trabajos teóricos de A. Love, y H. Reissener que resultarán de gran dificultad de aplicación a los casos prácticos, asumiendo como una teoría más aproximada en cáscaras rotacionales simétricas, la de J. Geckeler.

Todas las soluciones mostrarán que las tensiones de flexión se deberán a tensiones anulares aparecidas entre los puntos de transición entre cáscaras y apoyos. Descubriéndose al tiempo que las cáscaras que actúan como membranas actúan con varios ejes neutros. La solución que tratará de extenderse será, la de cáscaras cilíndricas con rigidizadores transversales, para las cuales Bauersfeld propondrá un sistema de ecuaciones diferenciales lineales que permitirán soluciones cerradas.

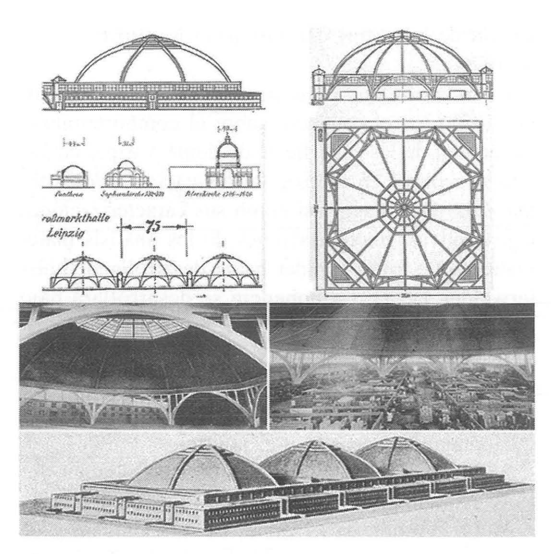


Figura 9
Ritter, H.1927–1929. Mercado Central Leipzig. (Dischinger 1930)

Basándose en esos experimentos se construirá la fábrica Carl-Zeiss de Jena en 1926 y en ese mismo año las naves de gran tamaño Dywidagg-Halle en la Gesolei en Düsseldorf construidas por Dyckerhoff & Widmann y proyectadas por Franz Dischinger con patente Bauersfeld & Dischinger que será la primera bóveda Zeiss-Dywidagg construida en el mundo.

La sección de las bóvedas será elíptica, intentando una tangente vertical en los bordes para minimizar los efectos de contorno. Las soluciones que se generalizarán por una mayor facilidad de ejecución serán las de segmento de círculo plano y una viga de gran canto. La solución del difícil problema de debe al colaborador de Dischinger, Ulrich Finsterwalder, que desarrollando las experiencias con los modelos de chapa descubrirá el modo de comportamiento del modelo de bóvedas de círculo y como aplicar ecuaciones de cálculo.

En España como en Europa el desarrollo de la aplicación del hormigón irá en paralelo con el desarrollo de las construcciones fabriles en el periodo de desarrollo de la sociedad industrial de comienzos de siglo (Hilbersimer, L. y Vischer, J. 1928).

En las construcciones industriales la necesidad de una superficie libre funcional, la manipulación de productos y los procesos industriales, impondrá una racionalización de la solución del esqueleto con la utilización de grandes luces y la repetición de elementos estructurales con un lenguaje constructivo, en una cierta abstracción geométrica cuya base dimensional será establecida por el mecanismo estructural

La retícula en el espacio fabril se caracterizará por su empleo en tramas y trazados regulares cuyos elementos estructurales, de dimensiones uniformes científicamente determinados, acentuarán el valor de la planta libre, frente a la distribución de elementos de estructura dispuestos según direcciones principales ó compositivas, estableciendo una correspondencia directa entre luces estructurales cubiertas, sistemas constructivos empleados y economía material.

Las obras construidas de tipo industrial sin las específicas intenciones de representar una aspiración de belleza, proyectaran sus resultados como interpretación de la simplificación constructiva y estructural, así como de la adecuación de estructura y forma, sirviendo a los arquitectos para captar y asumir dichas propuestas, como referencias significativas de un nuevo lenguaje formal para sus arquitecturas. En este sentido el sistema reticular será un producto de la nueva sociedad industrial, cuya representación y difusión se realizará con las características de un modelo.

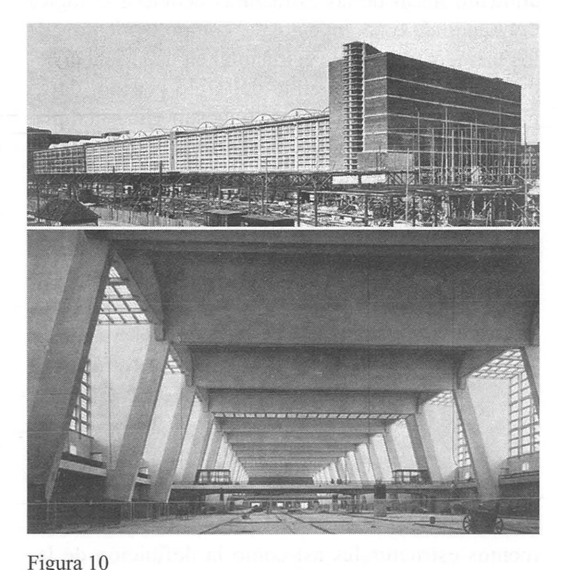


Figura 10
Elsaesser, M. 1926–1928. Mercado Central de Frankfurt a.M (Dyckerhoff & Widmann) Bóvedas Zeiss-Dywidagg (Dischinger 1930)

Al mismo tiempo que la idea del monolitismo y la obtención del más alto nivel de rigidez posible en las estructuras con la menor cantidad material se situará en las intenciones y en las investigaciones de los ingenieros en los primeros años veinte, la influencia que tendrá en España, la publicación de los pabellones construidos en la Primera Exposición Internacional de las Artes Decorativas e Industriales Modernas de París de 1925 (Gallego 1925), y los escritos que se realizarán en la revista *Arquitectura* entre los años 1925 y 1930 por autores como Paul Linder, Theo van Doesburg, Hilbersheimer, y Vischer entre otros, señalarán el valor del cambio escalar de las estructuras en las edificaciones como nueva caracterización arquitectónica.

Se evidenciará también la influencia de las propuestas de arquitectos como Ludwig Mies van der Rohe que establecerán la proyección figurativa de la estructura en proyectos como la torre para la Friederichsstrasse de Berlín, ó, Le Corbusier que se significará por el empleo de un nuevo lenguaje constructivo, interpretación escalar de las estructuras de hormigón armado. (Linder 1926; Doesburg 1927; Doesburg 1930; Hilbersimer y Vischer 1928). Esta influencia no solamente abrirá la posibilidad de utilizar diferentes cambios de escala estructurales para una misma edificación, sino que posibilitará también, invertir el tipo de relación entre la estructura constructiva de una edificación y la adecuación funcional de su planta.

Con el empleo de los entramados de acero y hormigón en el período de entreguerras europeas, así como la publicidad y el interés que suscitarán éstos en la Exposición de París de 1925, habida cuenta de las nuevas aportaciones en el campo del cálculo de problemas de flexión como las que había realizado Maillart (Maillart 192 y que se traducirán en nuevas fórmulas de aplicación fundamentalmente en las que se referían al cálculo de reacciones y deformaciones (Turner y Jevons 1925), el uso de estos métodos de cálculo se generalizará como referencias constructivas (Máximo 1922).

Theo van Doesburg radicalizará sus afirmaciones manteniendo que: «La Arquitectura nueva descansará esencialmente sobre el cálculo y la simplicidad, la composición especial proyectada en dos dimensiones por una sección horizontal la planta, puede reemplazarse por un cálculo exacto de la construcción ... El arquitecto moderno suprimirá no sólo la repetición monótona de los tipos clásicos sino que destruirá también la igualdad de las dos mitades: la simetría» (Doesburg 1927).

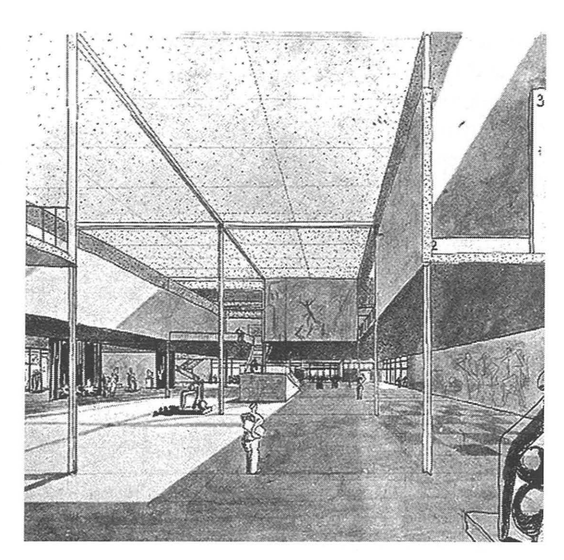


Figura 11
Aizpurúa, J.M y Lavayen,J.1933. IV Concurso Nacional de Arquitectura.Museo de Arte Moderno en Madrid (Arquitectura 1933)

Van Doesburg señalará la concentración significativa de la arquitectura sobre el desplazamiento de la composición como base del proyecto, por el valor del dimensionamiento del trazado, proyección material directa de los elementos con que se construye. Tales presupuestos sugieren como principio compositivo la sinceridad estructural, y por ello la caracterización dimensional que el esqueleto como estructura generadora introducirá, se manifestará en la transformación de los presupuestos compositivos de la tradición (Lacasa 1922).

El concepto de repetitividad será uno de los intereses que limitarán los criterios de dimensionado estructural. Doesburg desde el grupo De Stijl divulgará el proceso de «estandarización» y en definitiva la modulación, como nuevo principio creativo y de definición formal de la arquitectura (Doesburg 1930).

La estructura desaparecerá como sujeto arquitectónico para posibilitar la construcción de la planta desde una geometría modular de espacios. El cálculo como instrumento del arquitecto desarrollará la ido-

neidad dimensional de las construcciones, que vendrá acotada por los límites del mecanismo de la estructura y como consecuencia las exigencias técnicas constructivas impondrán limitaciones que se manifestarán en la concepción volumétrica final (Torroja 1960).

LISTA DE REFERENCIAS

Anaya, J. 2005. *La Gran Vía de Madrid. El acceso de una nueva concepción técnica*. Ravenna: International Seminar Ravenna.

Balis, E. 1930. *Les ponts Vierendeel en béton armé*. Liege: Premier Congrés International du béton et du béton armé. .

Campus, F. 1930a. *La fibre moyenne dés grandes voûtes hyperstatiques*. Liege: Premier Congrés International du béton et du béton armé.

Campus, F. 1930b. *Les grandes ouvrages en bèton et en béton armé*. Liege: Premier Congrés International du béton et du béton armé

Dischinger, F. 1930. *Eisenbetonschalendächer Ziess-Dywidagg zur Überdachung weitgespannter räume*. Liege: Premier Congrés International du béton et du béton armé.

Dischinger, F. 1930. *Eisenbetonschalendächer system Zeiss-Dywidagg*. Wiesbaden/ Liege: Premier Congrés International du béton et du béton armé.

Doesburg, T. Van. 1927. «La actividad de la arquitectura moderna holandesa». *Arquitectura*. Jun: 213–216.

Doesburg, T. Van. 1930. «Espíritu fundamental de la arquitectura contemporánea» *Arquitectura*. Sep.: 269–271.

Duiker, J. y Meyers, G. J. 1930. *L'Architecture du béton armé en Hollande*. Liege: Premier Congrés International du béton et du béton armé.

Freyssinet, E. 1930. *Études sur les defórmations lentes des ciments ou retraits*. Liege: Premier Congrés International du béton et du béton armé.

Gallego, M. 1925. «Impresiones de la Exposición. Exposición Internacional de las Artes Decorativas e Industriales Modernas». *Arquitectura,* Ago.

Gay, C. 1924. *Ponts en maçonnerie*. París: Éd. Baillière.

Gerard, M.E. 1930. *Reinforced concrete in engineering*. Liege: Premier Congrés International du béton et du béton armé.

Hilbersimer, L. y Vischer, J. 1928. *Beton als Gestalter*. Stuttgart: Julius Hoffmann. (Traducción de Michael Zeller. Introducción Jesús Anaya. En prensa).

Kann,F. 1930. Fortschritte in der experimentellen statik vielfach unbestimmter rahmensysteme. Liege: Premier Congrés International du béton et du béton armé.

Lacasa, L. 1922. El camuflaje en la Arquitectura. *Arquitectura,* Mayo: 195–197.

Lewe, M. 1926. *Pilzdecken und andere trägerlose eisenbeton-platten*. W. Ernst et sohn.

Linder, P. 1926. Tres ensayos sobre la nueva arquitectura alemana. *Arquitectura*. Jun: 235–240.

Maillart, R. 1921. Zur Frage der Biegung, *Schweizerische Banzeitung* . Berna: Vol. 77.

Maillart, R. 1926. Eine schweizerische ausführungsform der unterzaglosen decke. Zurich: Internationaler Kongress für brückenbau und hochbau.

Marcus, H. 1924. *Die theorie elasticher gewebe und ihre anwendung auf die berechnung bliegsamer platten*. J. Springer.

Máximo, C. 1922. Los entramados metálicos y los de hormigón. *Arquitectura*. Dic: 459.

Mesnager, A. 1900. *La déformation des solides*. París: Congrés International d'essai des matériaux.

Mesnager, A. 1921. *Cours de béton armé*. París: Dunod.

Mesnager, A. 1926. Limite de déformation permanente. *Bulletin de Ingénieurs de l'Ecole Politechnique de Bruxelles*. Vol. 1.

Santarella, L. 1924. *Ponti italiani in cemento armato*. Roma: Ulrico Hoepli.

Santarella, L. 1926. *Il cemento armato nelle costruzioni civili ed industriali*. Roma: Ulrico Hoepli.

Santarella, L. 1930a. *Le comportement élastique des plus vieux ponts ferroviaires italiens a'arc encastré*. Liege: Premier Congrés International du béton et du béton armé.

Santarella, L. 1930b. *Le comportement élastique d'un pont de chemin de fer en béton armé avec arcs á opuse eliminée*. Liege: Premier Congrés International du béton et du béton armé.

Timochenko, E. 1922. *Calcul des arcs élastiques*. París: Acádemie des Sciences de París.

Torroja, E. 1960. *Razón y ser de los tipos estructurales*. Madrid: Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento.

Turner, T.H. y Jevons, J.D. 1925. The detection of strain in mild steels. *The Journal of the Iron and Steel Institute*. Vol. III. 1: 154–159.

Los puertos menores andaluces en el siglo XIX

Diego Anguís Climent

La comunicación que se presenta analiza la situación, a lo largo del siglo XIX, de la construcción y explotación de los puertos andaluces clasificados como de interés local por el Real Decreto de 17 de diciembre de 1851 y que, actualmente, configuran el panorama portuario autonómico de Andalucía. Unos puertos, que a diferencia de las grandes instalaciones portuarias existentes en la península, no han sido objeto aún de un estudio específico.

Para avanzar en su conocimiento, hemos partido de la primera Memoria sobre el Estado de las Obras Públicas en España, editada en 1856 por la Dirección General de Obras Públicas, y de la Memoria sobre las Obras Públicas durante el trienio 1867 a 1869, editada por la Revista de Obras Públicas en 1871.

Asimismo hemos estudiado las referencias existentes a los puertos de interés local de Andalucía dentro de la Revista de Obras Públicas desde su primera edición en 1853 hasta 1920. De especial interés para conocer el estado de estas infraestructuras a finales del XIX ha sido el informe elaborado por el Inspector de Obras Públicas D. José García Morón tras su visita a las costas andaluzas en la segunda quincena del mes de abril de 1903 con motivo de la elaboración del plan general de puertos del Estado en virtud del Real decreto de 13 de marzo de 1903.

La importancia de la pesca en el desarrollo portuario andaluz del XIX

Resulta imposible visualizar el panorama portuario del siglo XVII y XVIII sin tener en cuenta la situación de conflictividad vivida en España en esos momentos. Una conflictividad llevada al ámbito marítimo por las continuas incursiones que diezmaban las ciudades litorales españolas. Como respuesta a esta situación, el Estado va a crear un importante cuerpo de armada utilizando a los pescadores como tropa para las nuevas embarcaciones de guerra. La Matrícula del Mar, creada entre 1717 y 1729 (Burgos 2003, 37), censo obligatorio de marineros que incluía los pescadores a cambio de licencias para poder ejercer la pesca. Esta situación hará que las actividades portuarias en general, y las pesqueras de forma muy particular se vean fuertemente afectadas por la ausencia de mano de obra, llegando incluso a olvidarse algunas de las técnicas tradicionales de pesca. Las poblaciones litorales, de carácter eminentemente pesquero, entrarán en una profunda decadencia que significará su desaparición en muchos casos. Esta ausencia total de infraestructuras portuarias a las puertas del siglo XIX quedará claramente expuesta en las dos obras del Almirante Vicente Tofiño denominadas *Derrotero de las costas de España en el Mediterráneo y su correspondiente de África, y el Derrotero de las costas de España en el océano Atlántico* y de las Isla Azores o Terceras, realizadas en 1787 y 1789, respectivamente.

Por citar alguno de los ejemplos que pueden encontrarse en ambas publicaciones, revisemos lo que dice del puerto de Vélez-Málaga:

> El fondeadero de Vélez Málaga llamado de Torre del Mar es á propósito para todo género de embarcaciones con abrigo de vientos del O., fondeando por 12 brazas

arena y greda; pero será bueno tender una espía al SE. para poder rebazar si con viento de esta parte se hubieren de poner á la vela.

La conflictividad militar y la crisis social vivida los primeros años del XIX marcan la ausencia de noticias sobre posibles enclaves portuarios pesqueros en Andalucía. Sin embargo, a partir del 1830, los cambios habidos a finales del XIX sobre el desarrollo de una importante industria transformadora de pescado, y el incremento en la demanda del pescado fresco favorecido por la mejora en las condiciones de los sistemas de transporte interior, y el cambio en los sistemas tradicionales de pesca (Lacomba 2006, 131) unido a la aplicación de la maquina de vapor en las embarcaciones pesqueras[1] a partir de 1881, debieron de servir como reactivo para toda una serie de propuestas de mejoras en las condiciones portuarias existentes, que dado la lentitud de la administración centralizada, no verían su luz hasta los años treinta del siglo siguiente.

Estos puertos locales serán destinados preferentemente a la pesca dando soporte a una importante industria que tendrá grandes repercusiones en la economía nacional en un momento de gran escasez de alimentos. A mediados del XIX los centros pesqueros con un mayor volumen de pesca en Andalucía serán los de Cádiz, San Fernando, Sanlúcar, Huelva, Ayamonte e Isla Cristina en el arco Atlántico. Y Málaga, Estepona, Roquetas y Adra en el arco Mediterráneo. Respecto a los centros donde se consolida una especial industria de transformación de la pesca serán las plazas de Huelva, Ayamonte e Isla Cristina; Málaga, Estepona y Marbella; Algeciras y Tarifa. (Burgos 2003, 207–208).

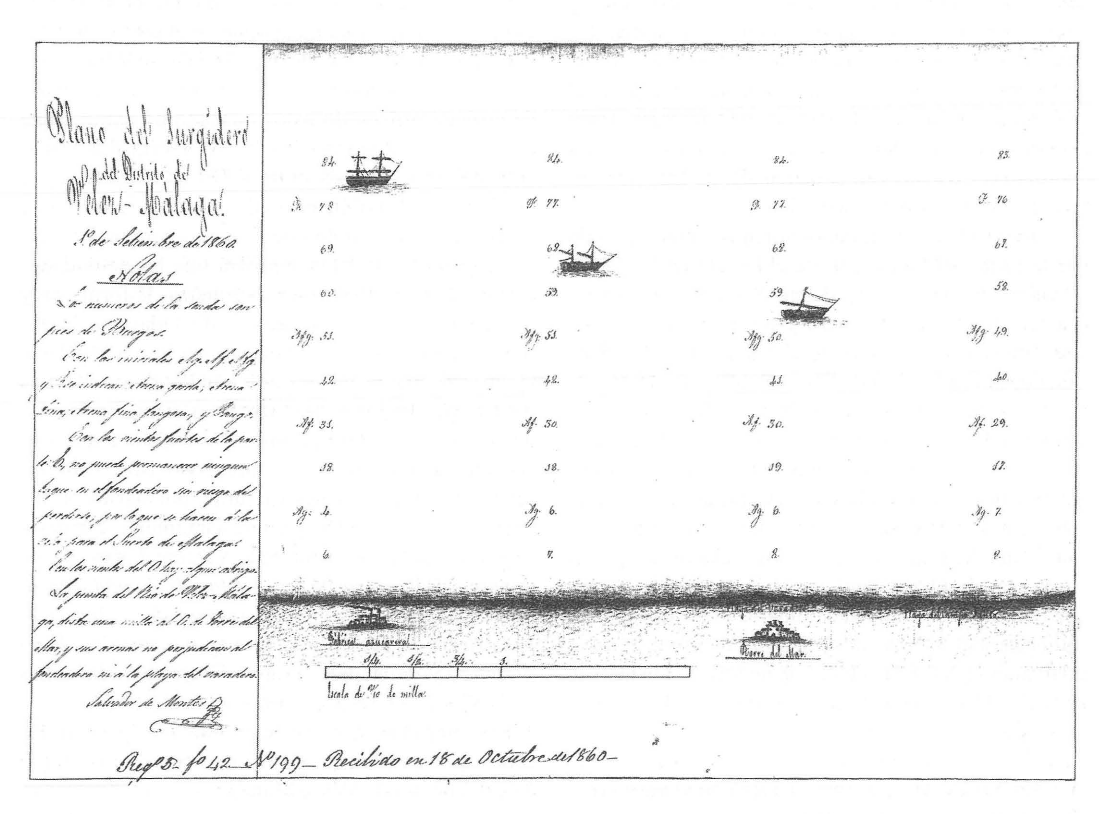


Figura 1
Vélez Málaga hacia 1860. Museo Naval (Madrid) E-XL-7. Instituto Cartográfico de Andalucía. Plano que refleja la zona de fondeo frente a las fábricas azucareras de Vélez. Especial interés tiene en este plano el dibujo del barco y lo que éste podía aproximarse a la costa en función de su calado

Cuando en 1873 la Matricula del Mar es abolida,[2] la división de las zonas costeras en Andalucía reflejará el panorama portuario en ese momento situándose las zonas portuarias de referencia en la Comandancia de Cádiz, que incluirá los distritos de El puerto de Santa María, San Fernando, Barbate y Conil; la Comandancia de Málaga, con los distritos de Vélez-Málaga, Marbella, Estepona y Melilla; la Comandancia de Sevilla, con los Distritos de Sanlúcar de Barrameda; la de Algeciras, con los Distritos de Tarifa y Huelva; la de Almería, que incluirá Adra y Motril; y la de Huelva, que incluirá la de Ayamonte e Isla Cristina.

Finalmente, la situación económica y política que España atraviesa en 1889 con la perdida de las colonias de ultramar revitalizará y fomentará de forma muy especial las actividades ligadas al mar ayudando a poner en marcha o a reactivar muchos de los proyectos de instalaciones portuarias. Sin embargo, y debido a las lentas tramitaciones e informes por los que debían pasar, estas primeras iniciativas no verán la luz hasta el primer cuarto del siglo XX.

A pesar de este aparente relanzamiento de la obra portuaria, algunos años mas tarde, a principios ya del siglo XX, Rodríguez Santamaría volverá a afirmar que «apenas hay puertos para pescadores, porque excepto las capitales, los demás que se llaman puertos son sencillamente las playas, más o menos largas y más o menos pendientes, de arena fina o de cascajo menudo..., y ésta es la causa de que no puedan tener vapores dedicados a la pesca por estas costas, porque éstos, por su calado y por su peso, no son tan manejables como los barcos de vela» (Rodríguez 1927)

La situación portuaria general a principios del XIX

Hasta la primera mitad del siglo XVIII, la ejecución y financiación de las obras portuarias dependerán en gran parte de las Corporaciones locales y provinciales, de las Casas de Contratación o Consulados,[3] sufragándose los gastos mediante contribuciones directas de estos organismos, con diversos arbitrios sobre las mercancías, aunque en ocasiones también contarán con la participación del Estado (Iribarren y Nogales 1953, 189).

A principios del siglo XIX, la falta de interés por el desarrollo portuario es manifiesta. El importante informe que en 1803 redactará el Inspector General Agustín Bethancourt sobre la situación general de las obras públicas en España bajo el título «Noticia del estado actual de los caminos y canales en España, causas de sus atrasos y defectos, y medios de remediarlos en adelante» no hará referencia a la situación de las obras marítimas. La situación de abandono general de las infraestructuras del transporte a principios del sigo XIX y la escasez de recursos económicos, agravados por las turbulencias políticas de la época, no permitirán en los primeras décadas de este siglo, que el Estado prestase una mayor atención al desarrollo portuario.

La guerra civil dejaría hasta prácticamente los años 40 diezmada la posibilidad de invertir en Obras Públicas y como afirmarán varios Ingenieros años mas tarde «hasta mediados del siglo pasado las obras portuarias no pasaban, en su mayoría, de ser incipientes, y su realización y organización no obedecía a plan alguno» (Iribaren y Nogales 1953, 189).

El comienzo de la importancia del sector portuario: el desarrollo de las primeras normativas portuarias

El RD de 17 de diciembre de 1851 y su incidencia en el modelo de financiación de las obras portuarias

A mediados del siglo XIX, el Ministerio de Fomento va haciendo cargo paulatinamente de todos los puertos españoles que hasta ese momento habían dependido del Ministerio de Marina. A finales de 1851, asume definitivamente todas las competencias en obras y mantenimiento de los puertos en España.

El RD de 17 de diciembre de 1851 intentará resolver la caótica gestión de los puertos a través de su centralización en el Ministerio de Fomento, unificando los arbitrios y cánones que se venían satisfaciendo por fondeaderos cargas y descargas. Los puertos pasarán a depender del Ministerio de Fomento encomendándole la administración, servicio y obras de los puertos, asumiendo además el coste de su mantenimiento de forma exclusiva en los puertos de interés general; o de forma mancomunada con el pueblo afectado en los casos de instalaciones locales. Esta norma distinguirá entre *puertos de interés general* y *puertos de interés local*. Se denominarán como puer-

tos de interés general «aquellos en que el comercio que por ellos se verifique pueda interesar a un gran número de provincias y estén en comunicación directa con los principales centros de producción interior de la Península». Sobre los puertos de refugio, establece que serán aquellos «precisos para asegurar abrigo a los buques en caso de temporal, a los que se da el nombre de refugio, pues su establecimiento interesa al comercio general». Los puertos de interés local de primer orden serían aquellos en cuyas obras estén interesados, no solamente la localidad, territorios o provincias, y que, según la marcha que prometa y tome su comercio puedan ser declarados con el tiempo puertos de interés general». Los puertos de interés local de segundo orden serían aquellos que conteniendo obras artificiales, no estén comprendidos en las categorías anteriores» (Pons 2001, 61 y ss).

Será el Reglamento de 30 de enero de 1852 quien para desarrollar el Decreto establezca la primera división en el panorama portuario español, dividiendo los puertos existentes en tres categorías: 13 instalaciones de interés general, 9 instalaciones locales de primer orden y un total de 99 instalaciones de interés local de segundo orden (Alzola y Minondo 1899, 354).

La verdadera importancia de esta medida vendrá dada por el origen presupuestario de las partidas destinadas a la construcción y/o mantenimiento. Así, mientras que en los primeros, será el Estado el que corra con los costes derivados de las obras realizadas en su totalidad, en el segundo grupo, la asignación presupuestaria debería partir entre el Estado y los ayuntamientos afectados.

En Andalucía, de todos los puertos relacionados, tan sólo el puerto de Bonanza, actualmente de competencia autonómica, aparece con categoría de puerto local, junto a los de Huelva y Almería. El resto de instalaciones o no existían, o sus infraestructuras no tenían un nivel mínimo de actividad y representatividad como para ser citadas en el Decreto.

Esta clasificación que incide significativamente en la inversión pública, presentaba claros desequilibrios, por lo que a partir de 1858, el Ministerio de Fomento pasó a ejecutar todas las obras en los puertos reclamados por las localidades de cualquier categoría a cambio del reintegro del 50% de su costo en 10 anualidades. El éxito de la medida fue grande ya que cinco años más tarde se encontrarán en ejecución un total de veinte puertos, y veintiuno en proyecto o estudio (Iribarren y Nogales 1953, 190)

Tras la crisis económica sufrida por el país en 1866, que obligaría a una economía nacional de subsistencia, en 1868 comenzarán a constituirse las primeras Juntas de Obras de Puertos, en un intento de conjugar los intereses del Gobierno con los comerciantes e industriales de las distintas localidades utilizando los puertos como polos para relanzar la economía, algo que sería frecuentemente utilizado hasta épocas recientes. En este marco, aparecen en Andalucía las Juntas de Obras de Sevilla (1870), Almería (1872), Huelva y Málaga (1874) y Cádiz (1901). Estas nuevas instituciones portuarias serían las encargadas de organizar las obras, la organización de los servicios portuarios e incluso ejercerán labores de policía en el interior de los recintos portuarios.

A pesar de las ventajas que esta situación pudo suponer para el desarrollo de la obra portuaria, en 1863, el ingeniero Canuto Corroza afirmará que «nada hay en el Ministerio de Fomento respecto a la culminación y servicio de los puertos».

En la misma línea encontramos las afirmaciones del entonces Director General de Obras Públicas D. Pablo de Alzola y Minondo al afirmar que la situación de las obras marítimas en España era importante, él mismo recogería la opinión de otros ingenieros del momento que afirmaban que «nada se había hecho hasta fines del siglo XIX para mejorar los puertos» (Alzola y Minondo 1899, 283). Los datos que en esta investigación hemos podido encontrar confirman esta última afirmación, máxime si nos referimos a los puertos menores de carácter local.

Ley de 1877

La Ley de 13 de abril de 1877, de Obras Públicas y su Reglamento vino a confirmar la clasificación de los puertos en las dos categorías principales establecidas en la Ley de 1851: los *puertos de interés general* y los *puertos de interés local*. Esta nueva Ley implicaría un giro competencial en la política liberal que había impulsado la edición del Real Decreto de 17 de diciembre de 1851 y su Reglamento posterior. En esta ocasión, la asignación de los puertos a una u otra categoría no tendrá sólo efectos sobre la financiación de sus obras sino que por primera vez tendrá claros efectos competenciales sobre el espacio portuario. Así, los puertos quedarán divididos en aque-

llos cuya competencia corresponderá al Estado, y aquellos otros cuya competencia en la construcción y mantenimiento de sus instalaciones corresponderá a las provincias o a los municipios. Sin embargo y a pesar de esta aparente liberalización de la gestión portuaria, el Estado seguirá reservándose importantes facultades sobre la dirección y supervisión de los puertos de interés local.

Ley de Puertos de 1880

La proliferación de las Juntas de Obras y el incremento paulatino de su influencia dentro de los ámbitos comerciales de la nación, hizo que el Estado recuperase nuevamente el control sobre los puertos a través de la Ley de Puertos de 7 de mayo de 1880, lo que supondrá de hecho, una vuelta a la centralidad del estado y una pérdida en las facultades que las Juntas de Obras otorgaban a asociaciones mercantiles ya los propios Ayuntamientos en el control del puerto. Sin embargo la aportación más relevante de esta Ley, al menos en lo que atañe al contenido de este estudio, es la consolidación competencial que supone la clasificación de los puertos. El Estado utiliza la clasificación de puertos establecida en el Real Decreto de 1851 aumentando sus competencias en materia portuaria al incluir en los puertos denominados de interés general o de refugio la gran mayoría de las instalaciones portuarias existentes.

La Ley de Puertos de 7 de mayo de 1880 y su Reglamento, aprobado ya en 1912, consolidará la clasificación de los puertos que hasta entonces se había ido gestando. En este sentido la Ley distinguirá entre *puertos de interés general de primero y segundo orden, puertos de interés general de refugio y puertos de interés local*, que a su vez podrían ser *provinciales o municipales.*

Se clasifican inicialmente como de interés general un total de 28 puertos (14 de primer orden entre los que figurarán los de Cádiz, Málaga y Sevilla; 9 de segundo, entre los que figuraban Almería y Huelva; y 6 de refugio, entre los que figuraba el puerto de Algeciras) declarándose de interés local todos los demás, sin especificar los que debieran considerarse como provinciales o municipales, aún cuando la Ley contempla ésta subdivisión (García Morón, 1904c, 235). Sucesivamente, por leyes especiales este número se incrementará hasta alcanzar las 132 instalaciones. A través de leyes posteriores se incluirán como puertos de segundo orden los de Tarifa, Adra y Puerto de Santa María. Como puerto refugio aparecerá el puerto de Rota.

Los puertos menores andaluces en la Memoria de obras públicas de 1856

En 1856 la Dirección de Obras Públicas a través de su director Cipriano Segundo Montesinos, presentaría al Ministro de Fomento la primera «Memoria sobre el estado de las Obras Públicas en España» correspondiente al periodo 1854–1856, pero donde se recogen en sus diferentes anexos la situación de los puertos declarados como de interés general y cuyas actuaciones tienen su consideración en el presupuesto del Estado.

Su capítulo cuarto se dedica a los puertos, describiéndose los trabajos de mantenimiento o nueva construcción realizados en el bienio indicado. En su introducción ya afirma que «no son seguramente muy numerosos ni importantes los trabajos de puertos que se han llevado a cabo en los siglos anteriores» en clara referencia a la mala calidad de las instalaciones portuarias en España hacia la mitad del XIX. La situación se confirma al indicar que «en 1854 solo había trabajos de limpia o construcción en seis de nuestros puertos de la Península».

Respecto a los apéndices incluidos en la segunda parte de la Memoria, el apéndice nº 62 aporta un resumen general de los gastos hechos en los puertos y muelles de la Península e islas adyacentes desde 1845 hasta 1855. Dentro del litoral andaluz, aparecen signadas partidas presupuestarias para el Distrito de Sevilla (Sevilla, Bonanza, Chipiona, Cádiz, Tarifa, Algeciras y Huelva) y para el Distrito de Granada (Almería y Málaga). Por tanto, y dentro del actual sistema de puertos autonómicos, en la década entre 1845 y 1855 tan sólo los puertos de Bonanza y Chipiona alcanzaron alguna ayuda del Estado.

Respecto al puerto de Bonanza, la memoria refiere las obras del nuevo muelle de madera destinado a favorecer el embarque y desembarque de los pasajeros de los vapores que navegan por el Guadalquivir, y que se concluyeron en Abril de 1853 y que en el momento de editar la memoria se encontraban en conservación. El estado de la inversión realizada es la siguiente:

	1851	1852	1853	1854	1855	TOTAL
Gastos generales	4.350	–	–	–	–	4.350
Idem de reparación		212.313	106.249	19.264	8.478	355.304

NOTA: LOS DATOS SE REFIEREN A RS.VN

Sobre el puerto de Chipiona, las obras construidas han consistido en la ejecución de un muelle para abrigo de los prácticos, y de las embarcaciones dedicadas al comercio de cabotaje. Las obras comenzaron en marzo de 1854 y finalizaron en diciembre del mismo año por un total de 339,209 rs. vn.

Las inversiones realizadas en el periodo citado correspondientes al puerto de Bonanza constituyen el 0,77% de la inversión total realizada en esta materia durante el periodo 1845–1855. De la misma forma, la inmersión realizada en Chipiona constituye el 0,72%. En conjunto, la inversión que el Estado asignó duran te el decenio indicado a los actuales puertos autonómicos representaría apenas el 1,5% del presupuesto nacional destinado a puertos.

Los puertos menores andaluces en la Memoria de obras públicas de 1867 a 1869.

En 1866 se produce una crisis económica a nivel nacional que obliga a una economía nacional de subsistencia (Iribarren y Nogales 1953,192). Así las cosas, la Memoria de Obras Públicas que recogerá las obras del trienio 1867 a 1869 no presenta grandes actuaciones en materia de puertos. De los datos incluidos en la segunda parte de la Memoria, Resumen estadístico, y en la tercera, Estados, resulta que en enero de 1870 existían en las provincias andaluzas un total de 36 puertos naturales o fondeaderos (en cursiva se han indicado aquellos puertos que actualmente son competencia autonómica):

En Huelva, *Sanlúcar de Guadiana, Ayamonte, Isla Cristina, Lepe (actualmente denominado puerto de El Terrón), Cartaya (actualmente denominado puerto de El Rompido)*, Huelva, San Juan del Puerto y Moguer; en Cádiz, *Chipiona* y Tarifa; en Málaga, *Estepona, Marbella*, Torremolinos, Torre del Mar (años mas tarde y tras sufrir serios desperfectos será sustituido por el puerto de La Caleta de Vélez, a levante del primero) y Nerja; en Granada, Almuñécar, Salobreña, Motril, Calahonda, Castel de Ferro, La Mamola y la Rávita; en Almería, *Adra, Roquetas, Corralete, San José, Carboneras y Garrucha*. Muchas de estas instalaciones no seguirán siendo aún mas que refugios naturales sin obras de abrigo.

En este sentido, serán considerados como puertos con obras de abrigo terminadas en Andalucía tan sólo el puerto de Málaga; y con otras en construcción, los de Sevilla y Almería. Respecto a actuaciones futuras, la Memoria tan sólo incluye como puertos con proyectos aprobados los de El Puerto de Santa María y Tarifa; con proyectos pendientes de aprobación, los de *Rota* y Cádiz. Dentro de los puertos en estudio tan sólo figurará en Andalucía el puerto de Palos, en Huelva.

La aportación de la Revista de Obras Públicas al conocimiento de los puertos menores. Estudio de algunos casos

La consideración como puertos locales de la mayor parte de las actuales instalaciones portuarias andaluzas hará que, durante años, éstas queden prácticamente olvidadas debido a la falta de una adecuada financiación para hacer frente a su ejecución. Por ello, y a falta de grandes obras que despertasen el interés de los ingenieros, serán pocas las alusiones que encontraremos dentro de la Revista de Obras Públicas.

En 1903 se propone la elaboración de un plan general de puertos del Estado que estableciese las prioridades para las diferentes inversiones a realizar. El informe, redactado en la segunda quincena de abril de 1903 por el inspector D. José García Morón no sólo valorará la situación de los puertos de interés general de primero y segundo orden, sino que además lleva su examen a todas aquellas instalaciones de carácter local que a finales del XIX y principios del XX reunían cierta importancia por su tráfico actual o probable. En este informe, incluido en la Revista de Obras Públicas de 30 de junio de 1904, para

la redacción de un plan de puertos según el Real Decreto de 13 de marzo de 1903 sobre los puertos de interés general de primero y segundo orden que se encontraban a cargo del Estado es de destacar del informe, la escasa importancia que el Inspector otorga a aquellas situaciones donde el puerto es tan solo refugio de pescadores.[4] Las notas que a continuación se exponen pertenecen principalmente a artículos aparecidos en la Revista de Obras Públicas y nos aportan el estado de los puertos de algunos enclaves significativos de Andalucía.

Ayamonte

Ayamonte, como puerto natural a juicio del informe redactado por García Morón reúne condiciones notables por su extensión y tranquilidad, habiéndose realizado por el Ayuntamiento y particulares diversos muelles que prácticamente rodean la población, aunque a juicio del citado informe son deficientes y no responden a ninguna planificación. El Inspector concluye su informe proponiendo declarar a éste puerto como de interés general, solicitando la creación de una Junta de Obras, que con los arbitrios que pudiera recaudar y mediante la ayuda del Estado pudiera mejorar sus infraestructuras portuarias (García Morón 1904, 219)

Isla Cristina

Fundada en 1757 por industriales catalanes y valencianos que fomentaron la industria de la pesca y salazón de sardina se denominó La Higuerita hasta el año 1834 que se cambió por el de Isla Cristina. La industria pesquera es próspera, perteneciendo a este pueblo varias de las almadrabas que se calan en diversos puntos de la costa en primavera y verano. El resto del año, la flota, compuesta por unos 297 embarcaciones de pesca, se dedica a la sardina con destino las numerosas fávbricas de salazón y conservas existentes en la localidad (García Morón 1904, 228).

Pascual Madoz (1845–1850) indica que «su puerto es cómodo y seguro, fabricado por la naturaleza y perfeccionado apenas por el hombre». Años mas tarde, García Morón nos indicará que las únicas obras portuarias allí construidas se tratan de un muelle embarcadero construido en la ría incidiendo principalmente en el problema que el dragado de la ría representa para el futuro portuario de Isla Cristina.

Chipiona

Declarado de interés general en julio de 1884 no se desprende del informe de García Morón la posibilidad de realizar obras dado su escasa importancia para el comercio y lo abierto de sus playas. Nos habla de un pequeño muelle destruido por un temporal, sin localizar. No será hasta 1929 cuando el ingeniero D. José Delgado Brackenbury elabore el primer proyecto de refugio para pescadores.

Rota

A diferencia del resto de instalaciones portuarias menores, Rota contará ya desde 1614[5] con un pequeño malecón construido sobre un avance de roca. Este muelle, fue destrozado y reconstruido en numerosas ocasiones. En 1767 el ingeniero Fermín Rueda realizaría el «Plano del Proyecto del Nuevo Muelle», obra que no llegaría a ejecutarse, en parte, porque en el propio plano, el ingeniero afirma «que siempre que ha ejecutado Desembarcos en este parage no han necesitado de Muelle».

A principios de siglo XX aún se conserva parte de este pequeño muelle de escaso calado, que proporciona un reducido abrigo, quedando una restinga de roca en bajamar, por lo que con poco gasto podría prolongarse éste (García Morón 1904, 229)

Estepona

No tiene clasificación ni siquiera como de interés local. Dispone de un buen fondeadero con unas 250 embarcaciones por año y una población que ronda los 4.000 hab (García Morón 1904, 232).

Marbella

Puerto de interés local, con fondeadero y con muelle embarcadero de hierro, en el que termina el ferrocarril construido por la sociedad inglesa The Marbella Iron Ore Company & Limited que explota las minas

de hierro. El Gobierno del Estado aprobará por Real Orden de 15 de febrero de 1870 la petición de realización de un muelle de hierro que sirviera de desembarcadero para cargar el mineral en la playa de Marbella (García Morón 1904, 232). El muelle, de 300 m de longitud, 14 de ancho y 7 m de calado en su extremo tardó dos años en construirse.[6]

Adra

En 1900 se presentará el primer proyecto de muelle para embarcadero metálico construido frente a la fábrica de La Emancipación no comenzando sus primeras obras de abrigo hasta 1911. (Anguís 2008, 270). Hasta el año 1907 fue clasificado de interés local, y a partir de la Ley de 20 de diciembre de ese año se clasificaría como de interés general. Su importancia radicará en las dos fábricas de azúcar y fundición de plomo instaladas en su población. Su puerto no es más que un fondeadero en una playa abierta. En el informe de García Morón se desestima la posibilidad de realizar obra alguna debido al poco tráfico existente.

Garrucha

En la década de 1890, el puerto de Garrucha pasará a ser de 3ª categoría. A pesar de su importancia comercia debido al tráfico de minerales, Garrucha a finales del XIX tan sólo contará con un pequeño muelle para el embarque del mineral realizado por La Compañía de Águilas. La importancia que va adquiriendo el puerto lo corrobora la localización de una Aduana y una estación telegráfica, así como los viceconsulados



Figura 2
Vista de la playa de Garrucha hacia 1885. Col. Emilio Moldenhauer. Grima Cervantes, J. 1991. *Memoria Histórica, fotográfica y documental de Garrucha (1861–1936)*, Vol II. Ayuntamiento de Garrucha

de Francia, Italia, Portugal, Grecia, Austria, Inglaterra, Turquía y los EEUU de América (Donnet 1910e, 372).

A pesar de ello, Garrucha no cuenta con ninguna obra portuaria de abrigo, seguramente por la enorme profundidad que se alcanza a pocos metros de la costa, lo que encarecer cualquier obra de abrigo: «hasta los 400 metros de la costa existen sondas de 14 metros y a los 500 se alcanzan 30 metros» (García Morón 1904, 234). Dispone por ello tan solo de una amplia playa de desembarco abierta a los temporales de levante que tantos destrozos realizarán en el malecón de la ciudad. No será hasta 1923 cuando se inicie la andadura del actual puerto de abrigo[7] destinado principalmente al abrigo de la flota pesquera.

Conclusiones

El paisaje portuario andaluz a finales del siglo XIX, fuera de las grandes infraestructuras portuarias que comienzan a especializarse en el comercio y en el transporte marítimo, se reduce a la localización de una serie de fondeaderos al abrigo de accidentes naturales. Especial desarrollo tendrán aquellos municipios como Isla Cristina y Ayamonte que situándose en la desembocadura de grandes ríos, puedan ofrecer a las embarcaciones un abrigo natural seguro.

Los textos que hemos consultado vienen a demostrar la carencia absoluta de instalaciones portuarias tal y como hoy las entendemos hoy. En todas aquellas instalaciones denominadas de interés local, y donde, tan sólo la economía derivada del sector industrial y minero, pudo realizar a su cargo ligeras infraestructuras de muelles metálicos que se adentraban en el mar hasta alcanzar calados que permitiesen abarloar las embarcaciones favoreciendo la carga y descarga de mercancías.[8]

Hemos constatado lo valioso que para el estudio de las obras públicas representan las Memorias sobre le estado de las obras Publicas en España, y la Revista de Obras Públicas, editada por el Cuerpo de Ingenieros de Caminos, anales y Puertos. Del análisis de los diferentes artículos de ésta última hemos podido comprobar que la mayor parte de ellos están editados en 1910 por D. Baldomero Donnet Pareja aunque tan sólo son una transcripción del informe realizado en 1903 por el Inspector D. José García Morón.

Por otra parte, y dado que la mayor cantidad de puertos pesqueros que actualmente configuran el sistema portuario andaluz fueron clasificados como instalaciones locales de carácter municipal o provincial, habrá que continuar su estudio a través de la documentación de los diferentes archivos municipales.

Notas

1. Este aspecto, sin embargo, no debió de ser significativo hasta mediados del siglo siguiente a tenor de algunos datos aportados. Así Rodríguez Santamaría (1923, IX) nos informa que entre 1900 y 1902 tan sólo existían 45 a 50 embarcaciones a vapor en toda España que según las mismas fuentes serían 624 en 1912 y 1.852 en 1923. Por su parte, Lacomba (2006, 132) establece que en 1904 Andalucía tan solo contaba con siete vapores pesqueros.
2. Aunque en realidad era una institución prácticamente sin actividad desde 1833 (Burgos y Lacomba 1993, 17).
3. Surgidos a partir del Reglamento de 1778, representarán el embrión de las futuras Juntas de Puertos ya que al igual que éstas, estarán formados por comerciantes e industriales y dispondrán de una considerable influencia en la toma de decisiones sobre actuaciones portuarias.
4. «Las poblaciones inmediatas suelen ser barrios de pescadores, ..., por cuyas razones no han sido visitados, ni es posible ejecutar en tales parajes obra alguna» (García Morón 1904c, 234).
5. Archivo General de Simancas (MP y D-XIX-84).
6. Los detalles constructivos de la construcción del muelle pueden obtenerse de la revista. Revista de Obras Públicas, 1872, 20, Tomo I (11): 125–127.
7. La solicitud, cursada en 1923 por D. Federico Moldenhauer al Gobernador Civil solicitándole un Puerto Refugio de Pescadores tendrá finalmente su concesión en 1926, comenzando las obras en 1930.
8. La primera construcción en hormigón armado en Andalucía sería precisamente par otro muelle embarcadero de mineral, construido por Juan Manuel de Zafra (1869–1923) para la empresa Minas de Cala en San Juan de Aznalfarache (Sevilla) en 1905 (www.opandalucía.es; consulta realizada el 17 de marzo de 2009).

Lista de referencias

Alemany Llovera, J. 1991. *Los puertos españoles en el siglo XIX.* Madrid: Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.

Anguís Climent, D. 2008. *Puertos, Arquitectura, Patrimonio. Los puertos autonómicos en Andalucía*. Tesis Doctoral Inédita.

Burgos Madroñero, M. 2003. *Hombres del mar, Pesca y Embarcaciones en Andalucía. La Matrícula del Mar en los siglos XVIII y XIX (100–1850)*. Sevilla: Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.

Burgos Madroñero, M.; Lacomba Abellán, J. 1993. «El sector pesquero en Andalucía en la primera mitad del siglo XIX. Una aproximación». En *Revista de Estudios Regionales,* nº 35: 15–50.

De Alzola y Minando, P. [1899] 1994. *Las obras públicas en España. Estudio histórico*. Bilbao: 2ª Ed. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid.

Dirección General de Obras Públicas. *Memoria sobre el estado de las obras públicas en España en 1856 (1856)*. Madrid: Imprenta Nacional (fac. Ed. Madrid: Ministerio de Fomento).

Donnet Pareja, B. 1910a. «Los puertos de la provincia de Huelva». En *Revista de Obras Públicas*, Tomo I, nº 1.808: 237–239.

Donnet Pareja, B. 1910b. «Los puertos de las provincia de Cádiz». En *Revista de Obras Públicas*, Tomo I, nº 1.810: 262–265.

Donnet Pareja, B. 1910c. «Los demás puertos de Cádiz». En *Revista de Obras Públicas*, Tomo I, nº 1.811: 271–273

Donnet Pareja, B. 1910d. «Puertos de las provincias de Málaga y Granada». En *Revista de Obras Públicas*, Tomo I, nº 1.818: 353–355

Donnet Pareja, B. 1910e. «Puertos de la provincia de Almería». En *Revista de Obras Públicas*, Tomo I, nº 1.819: 370–372

García Morón, J. 1904. «Informe del estudio de los puertos de la zona sur de España». En *Revista de Obras Públicas,* 52, tomo I: 217–219; 228–232; 233–235.

Iribarren Cavanilles, R.; Nogales Olano, C. 1953. «Los puertos españoles y su técnica». En *Revista de Obras Públicas*. Número Especial del centenario, 189–192

Lacomba Abellán, J. A. 2006. «El sector pesquero andaluz en el último cuarto del XIX: una fase de cambios y transformaciones. Una aproximación». En *Revista de Estudios Regionales* nº 75: 129–150

Madoz, P. 1845–1850. *Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de España y sus posesiones de Ultramar*. Madrid (facs. Ed. Valladolid: Ambito Ediciones, S.A, 1986).

Pons Canovas, F. 2001. *El régimen jurídico de la ordenación de los espacios portuarios*. Barcelona: Cedecs Editorial S.L.

Rodríguez Santamaría, B. 1927. *Diccionario de artes de pesca de España y sus posesiones*. Madrid: Sucesores de Rivadeneyra (S.A.).

La presa romana de La Alcantarilla en el abastecimiento de agua a Toledo

Miguel Arenillas Parra
Marisa Barahona Oviedo

La presa romana de La Alcantarilla (Mazarambroz, Toledo) se levanta sobre el río Guajaraz, afluente izquierdo del Tajo que nace en la vertiente norte de la sierra del Castañar, en los Montes de Toledo, y daba origen a un embalse —*castellum ad caput*—, cabecera de uno de los sistemas construidos por los romanos para el suministro de agua a Toledo.

Identificada en el siglo XVIII como una parte del acueducto antiguo que llevaba agua a la ciudad (Ponz 1787, 1: cartas 3 y 5) y considerada ya como presa desde principios del XX (Conde de Cedillo [1905] 1959), hasta el momento sólo había sido caracterizada de forma muy general.[1]

Con motivo de un estudio sobre el abastecimiento de agua romano a Toledo promovido por la Confederación Hidrográfica del Tajo y realizado durante los últimos tres años (C. H. del Tajo-Ingeniería 75, S.A. 2008), hemos tenido ocasión de reconocer en profundidad esta importante estructura, alcanzando un nivel de definición que permite describirla con mucho detalle. En la presente comunicación se recogen las características principales de la monumental obra y las conclusiones alcanzadas en el estudio, en relación con su temprana destrucción. No entramos aquí, sin embargo, en su relación con la red de abastecimiento de agua a Toledo, objeto de una profunda revisión durante la realización de los trabajos citados, a cuya publicación nos remitimos (Arenillas et al. 2009).

El emplazamiento de la obra

El emplazamiento elegido por los romanos para levantar la presa y regular los caudales del río Guajaraz dista unos 22 kilómetros en línea recta de la ciudad de Toledo. En este tramo el río ha salido ya de su estricta cabecera y corre sobre el extenso glacis que enlaza la sierra con el Tajo, donde ha abierto, en los granitos paleozoicos, un valle muy amplio y de suaves laderas. Tales condiciones morfológicas, junto a la capacidad establecida para el vaso, determinaron las dimensiones de la presa —19 metros desde cimientos y más de 700 metros de longitud—,[2] con la que se consiguió un embalse de unos tres millones de metros cúbicos de capacidad,[3] es decir, del mismo orden que la aportación media del Guajaraz hasta la presa.[4]

Ahora bien, la obra de La Alcantarilla se planteó como un trasvase entre el río Guajaraz y el sistema de la Rosa, construido previamente (Arenillas et al. 2009) y tenía por objeto incrementar, en cantidad apreciable, los caudales transportados por éste. De hecho, son muchas las condiciones de trazado impuestas a la conducción de La Alcantarilla y fueron éstas las que determinaron realmente el emplazamiento de la obra, aunque su posición exacta tuvo que estar condicionada por las características propias del entorno, más o menos amplio, seleccionado en una primera aproximación.

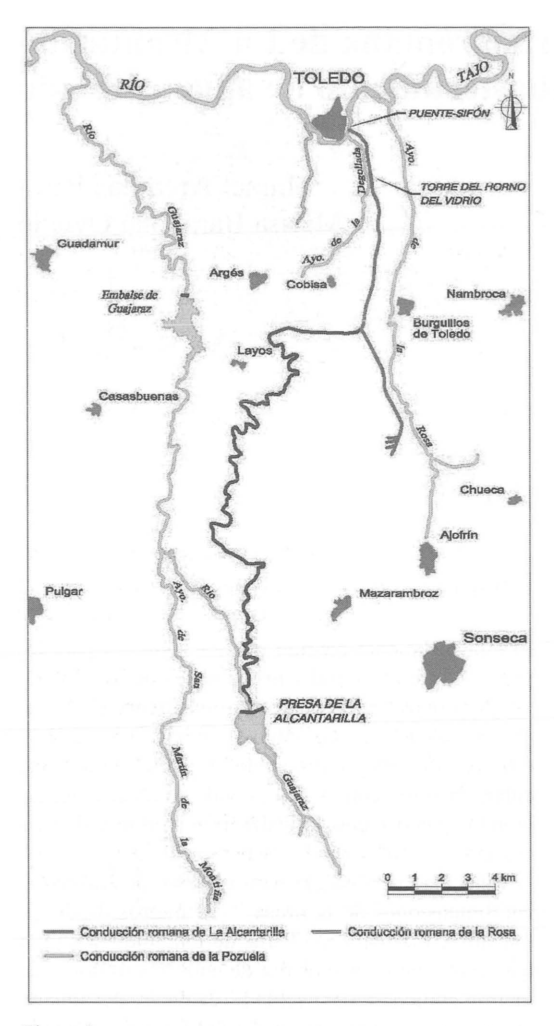


Figura 1
Sistemas de abastecimiento de agua a Toledo en época romana (Arenillas et al. 2009)

La estructura de la presa

La presa de La Alcantarilla estaba formada por un gran caballón de tierras, protegido aguas arriba por una pantalla de fábrica, que se prolongaba a ambos lados del terraplén, rematando por sus dos extremos en unos muros de cierre —o acompañamiento— algo más esbeltos que la estructura principal.

En la actualidad la presa está parcialmente derruida, quedando en pie dos largos paños de la pantalla y parte del terraplén adosado a ellos. Estos paños corresponden a los dos estribos de la presa, con longitudes conservadas de 177 metros el izquierdo y 170 el derecho; entre ambos queda un gran vacío, que coincide con la parte central y más alta de la estructura. A los pies de esta boquera se amontonan, en disposición caótica —y casi todos hacia el embalse—, los bloques de la pantalla original, semienterrados por los materiales del terraplén, que se desplazaron parcialmente hacia aguas arriba durante el proceso de rotura. Queda también *in situ*, aunque quizá ligeramente movida de su posición original, una torre —la correspondiente a la toma del canal—, situada en margen derecha y elevada varios metros sobre el cauce. Esta estructura conserva parte de los tres muros que la formaban —el cuarto era la pantalla— y está rodeada, y en buena parte rellena, por los materiales del terraplén. No obstante, las prospecciones y reconocimientos realizados, con apoyo de cartografía a escala 1:500 y curvas de nivel cada medio metro, han permitido establecer con suficiente detalle las características estructurales de la presa construida por los romanos.

En origen, la pantalla estaba formada por un gran muro dispuesto según tres alineaciones rectas que, en conjunto, daban lugar a una figura convexa hacia aguas arriba, adaptada al relieve de la cerrada. De estos tres tramos, el izquierdo alcanzaba los 277 m de longitud, 88 m el central y 189 m el derecho.[5] Como prolongación de los dos tramos laterales hay restos, además, de unos muros de acompañamiento, con desarrollos de 104 m en el estribo izquierdo y de 55 m en el derecho, resultando de este modo una longitud de 713 metros para el total de la estructura.

Las dos primeras alineaciones de la pantalla principal —izquierda y central— forman un ángulo de 170°, mientras que, entre la central y la derecha, el ángulo es de 145°, abiertos ambos hacia aguas abajo. Por su parte, los muros de acompañamiento debían de formar con la pantalla ángulos de 142° en el estribo izquierdo y de 158° en el derecho, en ambos casos hacia aguas arriba.

El terraplén de aguas abajo quedaba más o menos centrado respecto del muro principal, con unos 450 m de longitud, una anchura en coronación de entre 12 y 15 metros y un talud de tres a uno (3 en la horizontal por 1 en la vertical), según cabe deducir de los restos conservados.

La pantalla es un muro de fábrica de espesor variable, que alcanza los cuatro metros en la base —valor obtenido de los restos que se conservan en el sector central y más alto de la presa— para reducirse a unos tres metros en coronación, lo que se comprueba, con pequeñas diferencias, a lo largo de toda la parte superior de los tramos que se mantienen en pie. Esta variación del espesor no debe ser continua: en los restos correspondientes a la zona más profunda de la cerrada, los dos paramentos son sensiblemente paralelos entre sí, mientras que en los tramos conservados *in situ*, pero situados a mayor altura, el paramento de aguas arriba está ligeramente inclinado respecto de la vertical.

De acuerdo con esto se puede proponer —pues no hay datos suficientes para asegurarlo— que la zona inferior de la pantalla de La Alcantarilla se construyó como un muro vertical hasta una determinada altura, a partir de la cual el paramento de aguas arriba se inclinaba ligeramente, hasta determinar en coronación un espesor total de la pantalla de los tres metros antes indicados.[6]

Los trabajos de prospección han permitido también la localización de los restos de tres contrafuertes, dispuestos hacia aguas arriba, que se levantaron en la parte central y más alta de la estructura, para colaborar con la pantalla en su resistencia frente al empuje del terraplén. Corresponden a elementos perpendiculares al muro, construidos solidariamente con el resto de la pantalla, según se observa en los fragmentos conservados. Sin embargo, los contrafuertes no cumplieron el objetivo para el que estaban previstos y se rompieron en el proceso que condujo a la ruina de la obra. Como consecuencia de ello, muchos de sus restos debieron quedar cubiertos por los materiales del terraplén que se vertieron hacia el embalse. No obstante, los tres elementos que hemos podido localizar se conservan unidos al muro principal y, por las características del proceso de rotura, no pueden estar muy alejados de su posición original, desde la que volcaron —girando levemente— hacia aguas arriba. Este hecho nos ha permitido fijar, con relativa precisión, su situación en la pantalla, comprobando que la distancia entre el contrafuerte central y el derecho duplica prácticamente la que hay entre el izquierdo y el central. Esta diferencia tan neta permite suponer la presencia de un cuarto contrafuerte entre los dos indicados en primer lugar, cuyos restos deben estar cubiertos bajo los materiales del terraplén. Estos cuatro contrafuertes cubrirían, en la práctica, la parte central y más alta de nuestra presa, a distancias similares —entre 14 y 15 metros— a las que se encuentran los seis contrafuertes centrales de Proserpina.[7]



Figura 2
Contrafuerte arruinado visto hacia aguas arriba (Arenillas et al. 2009)

Los restos conservados de los contrafuertes no permiten establecer en detalle sus dimensiones, excepto la anchura —de dos metros aproximadamente—, que ha podido fijarse a partir de uno de ellos, el derecho.

Hemos podido localizar también la posición de la torre del desagüe de fondo, que se sitúa en la alineación izquierda de la presa, muy cerca —8,50 m desde su eje— del quiebro que ésta forma con la alineación central. Apuntada ya por algunos autores (Celestino 1976; Aranda, Carrobles e Isabel 1997), resultaba en todo caso necesaria para poder vaciar el agua del embalse por debajo de la toma del canal. Se localiza, prácticamente, en el punto más bajo de la cerrada, quizá en coincidencia con el cauce original.

De esta torre profunda se han podido identificar *in situ* los arranques, muy deteriorados, de dos de los tres muros que la formaban junto con la pantalla, adosados a la parte inferior de ésta. Se conserva también —volcado hacia aguas arriba y prácticamente enfrentado a los restos anteriores— un trozo de la zona alta de la propia pantalla, que corresponde asimismo a la torre, donde se mantienen los arranques de los indicados muros transversales, aunque en mejor estado que los anteriores.

A partir de todas estas trazas se han podido definir las dimensiones y disposición en planta de la torre



Figura 3
Fragmento superior de la pantalla con arranque de los muros de la torre del desagüe de fondo (Arenillas et al. 2009)

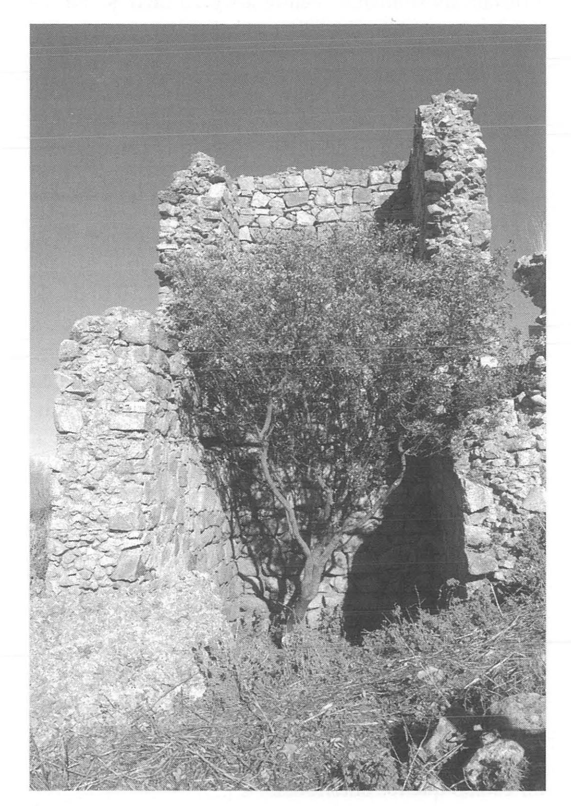


Figura 4
Torre de toma de la presa (Arenillas et al. 2009)

del desagüe de fondo, que son idénticas a las de la torre de toma. En ambos casos corresponden a estructuras adosadas a la pantalla dentro del terraplén, con dimensiones exteriores de 5,50 m según la presa y 6,00 m en sentido perpendicular a ella. Sus muros de cierre superan los 90 cm de espesor y, de ellos, los dos transversales se adosan simplemente contra la pantalla, sin que sus respectivas fábricas estén trabadas entre sí.

En la torre del desagüe de fondo el nivel de relleno observado debe de situarse en torno a unos dos metros sobre la cota de cimentación, quedando cubiertos, casi con seguridad, los eventuales restos de la conducción.

La torre de toma se adosa a la alineación central de la pantalla a algo menos de 50 m de su extremo oriental. También en este caso, el interior de la estructura está relleno por los depósitos del terraplén, que aquí alcanzan, lógicamente, mayor cota, pues la torre se emplaza a unos cincuenta metros a la derecha del río. En cualquier caso, estos materiales tienen que cubrir, asimismo, todos los elementos que constituyen la toma, por lo que no es posible definir las características de la primera parte de la conducción, soterrada bajo los restos del terraplén.

Las dos torres debían elevarse sobre el terraplén con altura suficiente para permitir el acceso desde éste. Sin embargo, en la torre de toma —reconstruida en la casi totalidad del alzado que observamos en la actualidad— no se conservan restos ni marcas sobre los muros que indiquen la presencia de una escalera de fábrica, lo que hace pensar en estructuras de madera —hoy desaparecidas— que facilitasen la comunicación desde el terraplén hasta la base de cada torre. En este sentido parecen señalar los dos apoyos que aparecen en el fragmento volcado de la torre del desagüe de fondo, al que antes nos hemos referido.

La presa de La Alcantarilla requería, sin duda, algún tipo de vertedero, capaz de evacuar eventuales avenidas o, en todo caso, los caudales que pudiesen presentarse en situación de embalse lleno y que no fuese posible canalizar a través de la toma y del desagüe de fondo.

La tipología de esta obra obliga también a inclinarse por aliviaderos laterales, que alejasen las aguas del terraplén. Además, en este caso, era necesario —teóricamente, al menos— algún vertedero y, en ese sentido, la topografía de la zona conduce hacia los muros de acompañamiento —o cierre— laterales.

El izquierdo, sin embargo, no es excesivamente adecuado para ello, pues el agua que lo sobrepasase podría acabar erosionando el extremo izquierdo del terraplén. Por el contrario, junto al muro de cierre del lado derecho hay un gran desmonte artificial, que permitiría la salida del agua en avenida hacia un barranco lateral, por el que los caudales sobrantes alcanzarían el Guajaraz suficientemente alejados de la presa. Bastaría para ello haber construido el muro de acompañamiento, en todo o en parte, de uno a dos metros más bajo que la coronación de la pantalla. No quedan sin embargo restos que permitan asegurarlo.

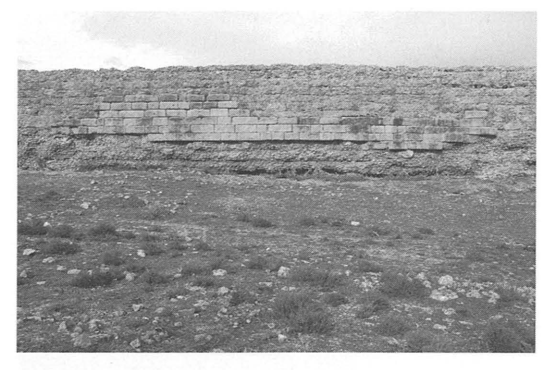


Figura 5
Revestimiento de *opus quadratum* conservado en el estribo izquierdo (Arenillas et al. 2009)

Materiales y fábricas de la presa

El gran terraplén, que constituye el elemento resistente fundamental frente al empuje del agua, está formado por arenas limosas, producto de la alteración del granito de la zona. Se construyó, probablemente, por tongadas compactadas con pisón, que se irían elevando al tiempo que la pantalla. El resultado ha sido un macizo bastante sólido que, en las zonas donde no se vio afectado por la ruina de la obra, se ha conservado relativamente estable hasta la actualidad.

La pantalla es un largo muro de fábrica, constituido por un núcleo de calicanto u hormigón de cal (*opus caementicium* en la terminología usual, si bien en este caso fueron dos los hormigones empleados), contenido entre dos lienzos de fábricas distintas. El de aguas arriba fue en origen un revestimiento de sillería granítica (*opus quadratum*), que cubría todo el paramento. En la actualidad, la mayor parte de estas piezas han desaparecido como consecuencia del expolio sistemático y continuado de este paño, en el que sólo quedan algunas hiladas de sillares a media altura, en el sector más próximo al río del estribo izquierdo. Las piezas que se conservan —de longitudes variables entre unos 70 cm y 1,20 m—, están dispuestas mayoritariamente a soga, en hiladas de unos 40 cm de altura,[8] con algunos elementos colocados a tizón, que traban el revestimiento con el calicanto del núcleo. En las juntas, trazadas sin excesivo esmero, se observan bastantes ripios.[9]

El paramento de aguas abajo no es homogéneo en la actualidad, al menos en su zona superior, única que queda a la vista por encima del terraplén, estando formado por distintas fábricas, producto —algunas— de repetidas reparaciones. En la zona del estribo izquierdo más alejada del río, este paramento se inicia con una fábrica poco cuidada de sillería (*opus quadratum*), también con ripios e, incluso, con algunas hiladas de mampuestos, del mismo tipo que la observada en el tramo de pantalla volcado —del que ya hemos hecho mención— donde se conservan los arranques de los muros de la torre de desagüe de fondo. Esta fábrica, dadas sus similitudes con la descrita del paramento de aguas arriba, parece la original de la obra, aunque, las numerosas reparaciones sufridas[10] y la altura del espaldón, que apenas deja visible algo más de un metro del paramento, impiden la lectura correcta de las fábricas conservadas.

En sección, el núcleo del muro-pantalla —quizá la fábrica más interesante, por lo que luego veremos— está constituido por tres lienzos verticales, todos ellos de calicanto, pero de características distintas. El paño interior —el núcleo propiamente dicho— está formado por un mortero (*materies*) rico en cal, que engloba cantos (*caementa*) angulosos de pequeño tamaño (unos 5 cm de dimensión máxima), mientras que en los otros dos lienzos el mortero es algo más arenoso —menor contenido en cal— y los cantos de mayor tamaño, con dimensiones máximas del orden de 12 cm en el de aguas arriba y de unos 18 cm en el de aguas abajo. Además, estos tres paños se fabricaron y pusieron en obra según procedimientos distintos.

El hormigón romano de carácter estructural se colocaba normalmente entre encofrados de madera, si bien, cuando alguno de los paramentos iba a quedar



Figura 6
Vista en sección del estribo izquierdo de la pantalla (Arenillas et al. 2009)

revestido por otra fábrica, se empleaba ésta como encofrado perdido —en terminología actual—, con objeto de lograr una mejor unión entre ambos elementos. Este procedimiento es el que se siguió en los lienzos exteriores de la pantalla de La Alcantarilla, utilizándose la madera solamente en los encofrados interiores, que se acodalaban entre sí, dejando en su interior el hueco que después ocuparía el hormigón impermeable del núcleo. La colocación del calicanto de los lienzos exteriores del núcleo se debió efectuar por tongadas alternadas de mortero —arena y cal— amasado con agua, por un lado, y cantos, por otro, lográndose la mezcla de ambos componentes por medio de pisones manuales.

Sin embargo, tal y como se comprueba en las zonas de la presa donde la rotura ha dejado al descubierto el núcleo de la pantalla, esta fase de «hormigonado» en La Alcantarilla estuvo precedida por la colocación de sendos paños, mampuestos con poco espesor —no más de veinte centímetros—, adosados a los encofrados y careados hacia la madera, que quedaron trabados al hormigón estructural, provocando —cuando se retiraron los encofrados— superficies de discontinuidad muy claras respecto del hormigón impermeable de la zona interior de la pantalla.[11] En cualquier caso, y según se aprecia en el paramento de aguas arriba de la presa, en las zonas donde han desaparecido los sillares, las indicadas tongadas —las de mortero básicamente— no se trataron con excesivo cuidado, pues sus espesores varían entre 30 y 60 centímetros, de modo bastante aleatorio.

Cuando el hormigón de los paños exteriores del núcleo alcanzaba la resistencia necesaria, se retiraba el encofrado de madera del interior y, en este hueco, se vertía el calicanto del núcleo, mezclados previamente —es decir, amasados de forma conjunta— los tres componentes: mortero, cantos y agua.

Estas diferentes características de los materiales, así como las condiciones de fabricación y puesta en obra de los dos hormigones que forman parte de la pantalla, evidencian las distintas funciones de cada uno de ellos. El calicanto del núcleo interior tiene como misión conseguir la impermeabilidad de la pantalla, fundamental en todas las presas, y por eso es un material muy cuidado en su fabricación y colocación. Con los otros hormigones no se busca la impermeabilidad —aunque algo colaboran también en este sentido— sino la resistencia, pues se trata de hormigones estructurales que trabajan solidariamente con sus respectivos revestimientos.

A pesar de las señaladas —y evidentes— diferencias entre el hormigón impermeable y el estructural, para ambos suele emplearse sistemáticamente la misma denominación, *opus caementicium*. En nuestra opinión, sin embargo, debería mantenerse el término de *opus caementicium* para el hormigón estructural de época romana —el más utilizado entonces y, además, caracterizado por los *caementa* que se mezclaban con el mortero—, pasando a llamar *opus concretum*, al hormigón impermeable, pues en éste tiene más importancia el buen fraguado de la mezcla —derivado de una adecuada fabricación y una correcta puesta en obra— y no la simple presencia de cantos más o menos gruesos (Arenillas et al. 2009).

Las restantes fábricas de la presa son más sencillas. Los muros de la torre de toma que aún se conservan en pie son de mampostería recibida con mortero de cal (*opus incertum*), con sillares reutilizados en algunas zonas. Estas piezas reaprovechadas junto a la factura de la torre, muy distinta a la del resto de la presa, indican con seguridad que fue reconstruida, probablemente durante el periodo de vida útil de la obra, ya que, además, en sus paramentos interiores se observan las huellas de algunos refuerzos adosados en su día a estas fábricas y posteriormente desplazados hacia aguas arriba durante el proceso de rotura, donde en parte quedan cubiertos por los materiales

del terraplén. No obstante, no es posible precisar la cronología exacta de esa intervención.

En los contrafuertes, los restos conservados permiten comprobar que, al menos las dos caras perpendiculares a la pantalla, estaban revestidas de sillares de granito, que cubrían un núcleo de hormigón estructural (*opus caementicium*), también fabricado con áridos del mismo material.

Casi todas las fábricas descritas son de granito y, en relación con ello, cabe señalar que, en la ladera de margen izquierda del arroyo Guajaraz y aguas arriba de la presa, ocupando parte de lo que posteriormente sería el vaso del embalse, se ha identificado una amplia superficie de cantera de varias hectáreas de extensión, donde sin duda se obtuvo la mayor parte de los materiales empleados en la construcción de la obra.

La cimentación de la pantalla de la presa de La Alcantarilla se solucionó de un modo muy simple, apoyando directamente la estructura sobre el granito del sustrato rocoso, tal y como se observa a simple vista, desde aguas arriba, en los dos paños que quedan en pie. El granito de cimentación está bastante alterado, sin que, a pesar de ello, se observe ningún tipo de zanja para mejorar el asiento.

La rotura de la presa

La presa de La Alcantarilla se abandonó como consecuencia de un grave accidente que determinó la ruina de la mayor parte del tercio central de la obra, sin que existan señales de ningún intento de reparación posterior al accidente. Por otra parte, los reducidos volúmenes de sedimentos retenidos por el embalse ponen de manifiesto que la ruina se produjo en un plazo relativamente corto desde la puesta en servicio del sistema. Es decir, la presa se rompió en época romana y, probablemente, a los pocos años —algunas décadas, en todo caso— de su construcción.

Las causas del accidente están claras, ya que la práctica totalidad de los bloques derruidos de la pantalla están volcados hacia el embalse y este vuelco, por tanto, estuvo determinado por el empuje de las tierras del espaldón y no por el agua que, en tal caso, habría producido el basculamiento del muro hacia aguas abajo. Los pocos restos que aparecen a lo largo del río, algunos bastante alejados de la presa, se habrán movilizado por el brusco efecto del vaciado del embalse a raíz de la rotura —que es lo más razonable, siempre que hubiese agua almacenada con volumen suficiente— o, quizá, por las aguas de alguna gran avenida de las varias que, muy probablemente, se habrán originado en el Guajaraz desde la época romana.

Las presas de tierra con pantalla aguas arriba tienen encomendada, básicamente, la resistencia frente al empuje del agua, al caballón de tierras y la impermeabilidad del conjunto, a la pantalla. Los romanos construyeron en Hispania por lo menos tres grandes presas —de más de 15 m de altura en terminología actual— de este tipo: la que ahora nos ocupa y las de Cornalvo y Proserpina, en Mérida. En las tres la pantalla consiste en un muro de fábrica, muy esbelto en Proserpina y La Alcantarilla —en las que se repite, con algunas variantes, la misma tipología— y algo más sólido en Cornalvo. Igualmente, en las tres pantallas la impermeabilidad se consigue —o, por lo menos, pretende— con el núcleo de *opus concretum* al que nos hemos referido en el apartado anterior, situado en Cornalvo en el muro inmediato al terraplén (Arenillas, Barahona y Díaz-Guerra 2007) y en el centro de la pantalla en las otras dos (C. H. del Guadiana - Ingeniería 75, S.A.).

Ninguna de estas tres pantallas resiste por sí sola el empuje del agua a embalse lleno —o incluso con el nivel sensiblemente más bajo—, aunque la de Cornalvo está muy cerca de este límite; tampoco los romanos lo pretendieron, al haber dispuesto los respectivos terraplenes. Ahora bien, estos caballones introducen un nuevo factor desestabilizador de la estructura: el empuje de las tierras sobre la pantalla, que debe estar dimensionada para resistirlo. Este empuje es especialmente significativo a embalse vacío, es decir, cuando no actúa el efecto —resistente en este caso— del agua, que complementa el del muro. También se incrementa el valor de las cargas cuando el terraplén se satura de agua, con un máximo evidente para el caballón totalmente saturado.

Pues bien, la pantalla de la presa de La Alcantarilla es demasiado esbelta para resistir eficazmente el empuje de las tierras, incluso con la ayuda de los contrafuertes; éstos, además, estaban demasiado separados y sólo resultaban eficaces en las zonas inmediatas a cada uno de ellos. A efectos comparativos cabe señalar que la pantalla de Proserpina, con un metro más de espesor en la base, queda prácticamente en el límite de la estabilidad, mientras que la de Cornalvo —de distinta tipología— resiste perfectamente.[12]

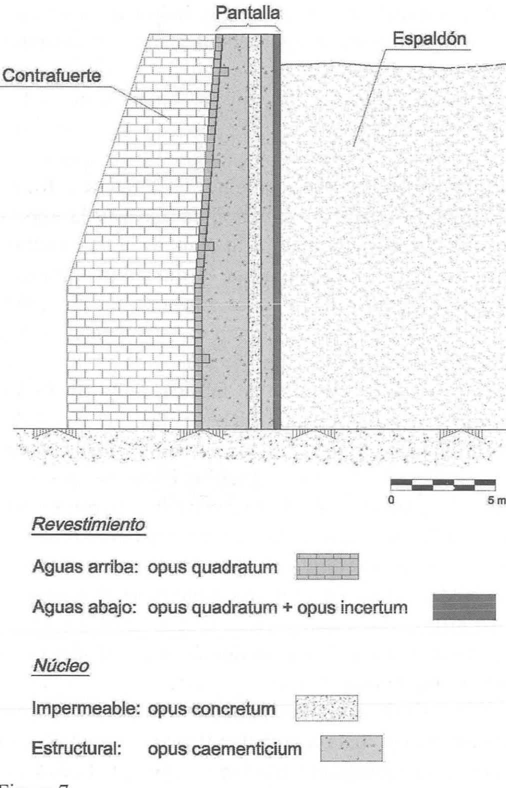


Figura 7
Presa de La Alcantarilla. Sección tipo. (Arenillas et al. 2009)

En la presa de La Alcantarilla hemos comprobado que las situaciones más desfavorables se presentan, como es lógico, para el terraplén con un cierto nivel de saturación, siempre que el agua en el embalse quede algo por debajo de esta cota, alcanzándose incluso la inestabilidad para embalse lleno y terraplén completamente saturado. Es decir, son muchas las situaciones de inestabilidad posibles, pero en todas ellas se requiere la saturación —parcial o total— del terraplén, lo cual es lógico, pues en caso contrario, es decir, si la pantalla fuese inestable a terraplén seco, la obra se habría arruinado durante la construcción, circunstancia que no se presentó por lo que luego diremos.

Ahora bien, dadas las características de los materiales del terraplén, no es fácil que éste pueda saturarse de modo significativo por lluvia directa. Por ello la entrada de agua que condujo a la ruina de la obra tuvo que producirse por filtraciones desde el propio embalse a través de la pantalla. Pero tampoco en este caso son suficientes pequeñas pérdidas, sino filtraciones significativas que determinen una saturación del terraplén relativamente rápida. En definitiva se requiere más agua entrando desde el embalse que la que es capaz de eliminar el terraplén por drenaje natural. Esto exige que la pantalla esté claramente fisurada y, casi con seguridad —dada la envergadura de la zona arruinada—, en más de un sitio.

En este sentido, es de señalar que entre las ruinas de La Alcantarilla se conservan restos evidentes de varias reparaciones, que indican el mal funcionamiento de la estructura y, sobre todo, posibles desplazamientos o roturas de la pantalla en algunos puntos. Los dos grandes macizos de calicanto estructural[13] (*opus caementicum*) que todavía se conservan a ambos lados de la torre de toma y que son claramente refuerzos posteriores a la construcción de la presa, son índices evidentes de alguna inestabilidad en esa zona. Ocurre lo mismo con el otro bloque, de este mismo tipo de fábrica, que aparece en la actualidad inmediatamente aguas arriba de la torre, desplazado, con seguridad, durante la rotura de la obra. Y son también el resultado de este mismo proceso los restos de otros elementos distribuidos a lo largo del cauce, aguas abajo de la presa. Entre ellos destaca una gran masa de calicanto, situada a casi noventa metros de la pantalla, a la derecha del Guajaraz, que por su posición tiene que corresponder a un importante refuerzo levantado en la zona central de la estructura.

La ruina de la obra impide determinar exactamente el objeto de estas reparaciones, pero lo que sí parece claro es que la presa —y, concretamente, la pantalla— tuvo que plantear problemas de inestabilidad graves, que obligaron a construir los numerosos refuerzos detectados en la obra. Dada la baja capacidad resistente de la pantalla, no parece exagerado suponer que estas inestabilidades se hubieran planteado con los primeros llenados del embalse, dando como resultado la formación de fisuras —o grietas francas— en las zonas más débiles de la estructura: el tramo central, más alto, o los quiebros entre alineaciones, que determinan puntos de concentración de tensiones. Estos fallos, mal reparados —o imposibles de reparar eficazmente—, debieron de conducir, a la larga, a la formación de vías preferentes de circulación del agua entre el embalse y el terraplén. El pro-

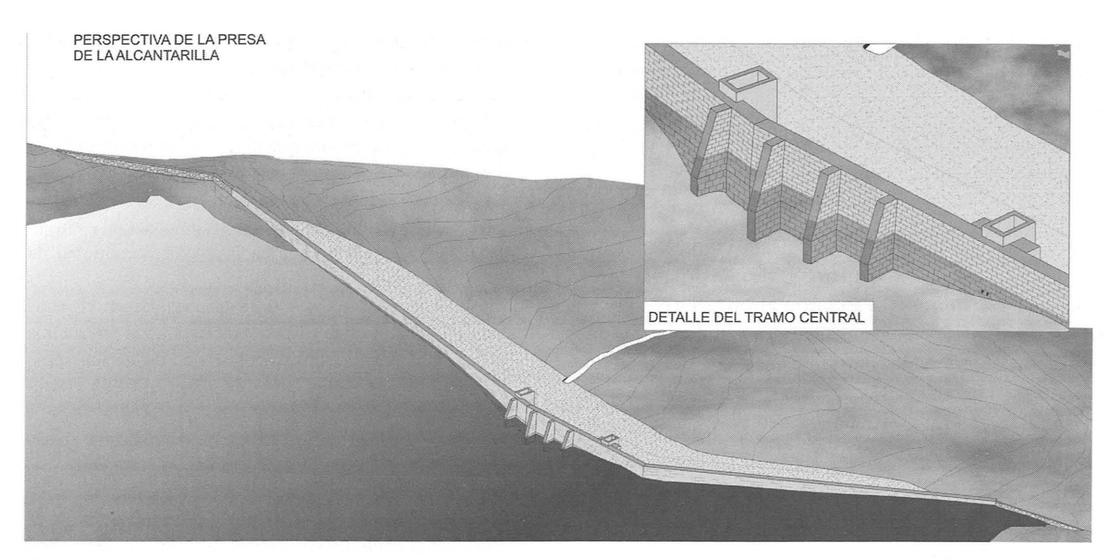


Figura 8
Reconstrucción ideal de la presa de La Alcantarilla (Arenillas et al. 2009)

ceso condujo —o se hizo patente en toda su gravedad— cuando se alcanzó una situación límite —de las muchas posibles—, que es la que determinó el colapso de la pantalla. El accidente, necesariamente muy rápido, produjo el vuelco del muro hacia el embalse y una brusca salida del agua retenida en él, con el consiguiente arrastre río abajo de algunos —pocos— de los bloques derruidos.

A partir de ese momento —y sin ninguna señal evidente de que la obra se haya intentado reconstruir— el río acabó abriendo un nuevo cauce a través de los escombros y la ruina se fue ampliando. En el estribo izquierdo hay, al menos, dos grandes paños de la pantalla, volcados también hacia el embalse, en los que hemos constatado que en sus paramentos de aguas arriba —en la actualidad apoyados sobre el terreno— no se conservan los sillares de granito que en origen los revestían; es decir, los paños volcaron después de haber sido expoliados de este recubrimiento.

En la parte caída del estribo derecho, la disposición de los bloques es mucho más caótica y parece estar en relación directa con el colapso de la obra. Lo avala el hecho de que la parte del muro que permanece en pie –la alineación derecha de la pantalla— se inicie precisamente en el punto donde se produce el quiebro con el tramo central, en coincidencia con uno de los puntos más débiles de la estructura, donde es posible que se hubiese producido, antes del colapso, un fallo estructural importante.

En cualquier caso, y como ya hemos apuntado, la presa de La Alcantarilla se rompió relativamente pronto, pues es muy reducido el volumen de sedimentos recientes –en términos geológicos— que ocupan el antiguo embalse. En las zonas próximas a la presa no se observan materiales de este tipo y tan sólo en la cola del antiguo embalse quedan unos depósitos que podrían corresponder a arrastres retenidos por las aguas del vaso. Ocupan, sin embargo, una superficie relativamente reducida, de unas cinco hectáreas como máximo, sin alcanzar espesores mayores de un metro, lo que determina un volumen que no superará los 50.000 m^3. Con datos actuales de relleno de embalses en zonas de climatología similar, estos escasos depósitos permiten estimar para la presa de La Alcantarilla un periodo de actividad de entre quince y cincuenta años.[14] Estas cifras son coherentes con las que pueden obtenerse de la tasa de relleno que se ha podido deducir para el embalse de Proserpina (C.H. del Guadiana-Ingeniería 75, S.A.). En este caso —con unas características geológicas y climáticas similares a las de La Alcantarilla, aunque con una cuenca menor—, se conoce en detalle el volumen de materiales acumulados en el vaso desde épo-

ca romana. La tasa de depósito correspondiente, trasladada a la cuenca del Guajaraz, conduce a una cifra de unos treinta años para la duración de la actividad de nuestra presa, que resulta concordante con los dos valores extremos antes señalados.

En definitiva la presa de La Alcantarilla —y, en general, todo el sistema— es una obra muy bien planteada, resultado directo de una cuidadosa labor de planificación. Sin embargo, su construcción —o mejor, los criterios que guiaron el proyecto— ponen de manifiesto graves carencias, que condujeron a una estructura claramente inestable, necesitada pronto de diversas reparaciones y arruinada finalmente en un plazo también muy breve para una obra de su importancia y características.

NOTAS

1. Pese a ser bastante numerosas las publicaciones al respecto: Ortiz Dou 1948; Fernández Casado 1961, 1972, 1983; Celestino 1976; Sánchez Abal 1977; Aranda, Carrobles e Isabel 1977; Arenillas Girola et al. 1999; Carrobles e Isabel 2004.
2. Es decir, la quinta, por altura, de todas las presas romanas conservadas en el mundo (Schnitter 1994) y la mayor, por longitud, de las construidas en Hispania.
3. Cifra obtenida a partir de cartografía a escala 1:2.000 y calculada para una altura de agua igual a la de la coronación del terraplén.
4. Calculada con datos actuales, que no deben diferir mucho de los relativos a la época romana (Font Tullot 1988).
5. Casi todos los autores que se han ocupado de esta obra dibujan o señalan sólo dos alineaciones, lo que no es extraño, pues la diferencia angular entre la izquierda y la central es, según veremos, de pocos grados. Raúl Celestino (1976) ha sido el único que apreció la existencia de una tercera alineación.
6. Cabe señalar que esta es la disposición estructural de la pantalla de la presa de Proserpina, en Mérida (C. H. del Guadiana – Ingeniería 75, S.A. 1996), con la que La Alcantarilla tiene muchas similitudes, aunque también diferencias.
7. Raúl Celestino (1976) propuso en La Alcantarilla hasta once contrafuertes de este tipo, siguiendo sin duda el modelo de Proserpina, donde aparecen nueve, irregularmente distribuidos, excepto los seis centrales que mantienen entre sí distancias parecidas (C.H. del Guadiana-Ingeniería 75, S.A. 1996).
8. El espesor de estas piezas que sobresale del núcleo de *opus caementicum* se ha podido fijar en unos treinta centímetros, con lo que el valor total alcanzará, o incluso sobrepasará, los cuarenta.
9. En una estructura como ésta, con la que se busca no sólo la resistencia al empuje del agua o las tierras, sino también —y de modo especial— la impermeabilidad del conjunto, es lógico que los distintos elementos de las fábricas se reciban con mortero y se recurra a los ripios en las juntas para facilitar su colocación y ajuste, así como su colaboración en la mayor durabilidad de los correspondientes rejuntados.
10. Muchas de estas reparaciones observadas en el paramento de aguas abajo deben asociarse a las estructuras que se adosaron al muro de la presa en fechas muy posteriores a su abandono, entre los siglos XIV–XVI (Arenillas et al. 2009).
11. De hecho, en muchas de las zonas arruinadas se observa de modo evidente la neta separación entre ambos tipos de fábrica lo largo de las indicadas superficies de discontinuidad, lo que determinó la pérdida de monolitismo en el conjunto de la pantalla y pudo colaborar en la reducción de su capacidad resistente frente al empuje de las tierras del espaldón.
12. Para la estabilidad de la pantalla de Proserpina puede verse Castillo (2004) y algunos comentarios sobre el tema, referidos a la de Cornalvo, en Arenillas, Barahona y Díaz-Guerra (2007). En cuanto a la presa de La Alcantarilla, para los cálculos de estabilidad remitimos al estudio realizado (C. H. del Tajo - Ingeniería 75, S.A. 2008).
13. De baja calidad, en cualquier caso, pues se trata de un mortero arenoso que engloba cantos de mediano y gran tamaño.
14. Sobre el aterramiento de un embalse en época romana puede verse Hereza et al. (1996).

LISTA DE REFERENCIAS

Aranda, F.; Carrobles, J. e Isabel, J. L. 1997. *El sistema hidráulico romano de abastecimiento a Toledo*. Toledo.

Arenillas Girola, L.; Arenillas Parra, M.; Díaz-Guerra, C. y Macías, J.M. 1999. «El abastecimiento de agua a Toledo en época romana». En *Historia del abastecimiento y usos del agua en la ciudad de Toledo*. Madrid.

Arenillas Parra., M.; Barahona, M. y Díaz-Guerra, C. 2007. «Apuntes documentales para la historia de la presa de Cornalvo». *Actas del V Congreso Nacional de Historia de la Construcción, 7–9 de junio*. Burgos.

Arenillas Parra, M.; Barahona, M.; Gutiérrez, F. y Cauce, C. 2009. *El abastecimiento de agua a Toledo en época romana*. Madrid (en prensa).

C.H. del Guadiana-Ingeniería 75, S.A. 1996. *Caracterización hidráulica, funcional y constructiva del sistema hidráulico de Proserpina, Mérida* (inédito).

C.H. del Tajo-Ingeniería 75, S.A. 2008. *Estudio y documentación del abastecimiento de agua a Toledo en época romana* (inédito).

Carrobles, J. e Isabel, J.L. 2004. «El sistema hidráulico de Toledo en época romana». En *Obras públicas en Castilla-La Mancha*. Toledo.

Castillo, J.C. 2004. *Tipologías y materiales de las presas romanas en España*. Tesis Doctoral. E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Valencia.

Celestino, R. 1976. «El pantano romano de la Alcantarilla en Mazarambroz». *Toletum*: 7.

Fernández Casado, C. 1961. «Las presas romanas en España». *Revista de Obras Públicas*, junio.

Fernández Casado, C. 1972. *Acueductos romanos en España*. Madrid.

Fernández Casado, C. 1983. *Ingeniería hidráulica romana*. Madrid.

Font Tullot, I. 1988. *Historia del clima en España*. Madrid.

Hereza, J. I.; Arenillas Parra, M.; Díaz-Guerra, C. y Cortés, R. 1996. «Un ejemplo histórico: el aterramiento del embalse romano de Almonacid de la Cuba». *V Jornadas españolas de presas*. Valencia.

López de Ayala – Álvarez de Toledo, J., Conde de Cedillo [1905] 1959. *Catálogo monumental de la provincia de Toledo*. Toledo.

Ortiz Dou, A. 1948. *Aguas de Toledo*. Ministerio de Obras Públicas. Servicios hidráulicos del Tajo.

Ponz, A. 1787. *Viage de España: o cartas, en que se da noticia de las cosas mas apreciables, y dignas de saberse que hay en ellas*. Madrid.

Sánchez Abal, J.L. 1977. «Obra hidráulica romana en la provincia de Toledo (Pantano de Alcantarilla)». *Segovia y la arqueología romana. Symposium de arqueología romana*. Barcelona

Schnitter, N. J. 1994. *A History of Dams*. Rotterdam.

Arquitectura civil del valle del Jalón (Zaragoza) en la edad moderna. Modelos teóricos y práctica constructiva

Jorge Arruga Sahún

El planteamiento de una idea

Los sistemas constructivos llamados *tradicionales*; esto es, la manera de edificar que se vino practicando comúnmente en amplias zonas de España desde al menos la Edad Media (en el uso de algunos materiales y técnicas podríamos fácilmente situarla incluso antes, remontándonos hasta la Hispania romana) hasta un momento indefinido a comienzos del siglo XX, plantean toda una serie de interrogantes tanto desde el punto de vista histórico cuanto puramente constructivo. En primer lugar, es reseñable el empleo precisamente del término *tradicional*, puesto en uso por cierto desde hace muy poco tiempo, como contraposición frente el modo *actual* de edificar. Este último método es entendido de manera generalizada como mejor, más seguro, con un conocimiento mayor tanto de los materiales empleados como de su puesta en obra e incluso del comportamiento de éstos frente a situaciones adversas, agresiones meteorológicas o, sencillamente, al paso del tiempo. Cómo es posible, pues, que encontremos numerosos ejemplos de edificaciones de todo tipo (civiles, religiosas, militares, ejecutadas con maestría por arquitectos de gran prestigio o meramente funcionales, obra de autores anónimos ...) que datan ya de varios siglos atrás y que, contra todo pronóstico, siguen en pie.

A grandes rasgos, y siempre con ciertas reservas ya que los ejemplos son muy variados, se podría situar un punto de inflexión entre 1880 y 1910, momento en que, con el advenimiento de nuevos materiales derivados de la capacidad de la producción en masa de la Segunda Revolución Industrial, el hormigón, el acero y el vidrio se abrieron paso de manera definitiva y se abandonó progresivamente la manera usual de construir hasta entonces. De este modo se comenzaron a olvidar progresivamente las técnicas que se habían desarrollado y mejorado durante anteriores generaciones y que hoy en día son completamente ajenas incluso a muchos de los profesionales que se dedican al mundo de la arquitectura y la construcción, pareciendo que sólo tienen cabida en estudios históricos apenas como una mera curiosidad. Tampoco hay que caer en el extremo opuesto, es decir, que haya que rechazar los métodos que se emplean en la actualidad, sino más bien al contrario puntualizar que nuestro conocimiento de la construcción (y por extensión de la arquitectura) sería mucho mayor en el caso de no haber obviado nuestro propio pasado, sobre todo si lo hubiésemos incorporado a las técnicas más recientes y al desarrollo del empleo de materiales de nueva generación.

No obstante, resultaría pretencioso el querer abarcar estos procesos constructivos en toda su complejidad y extensión en una pocas páginas. Se ha escogido el caso de Épila como un lugar en el que confluyeron un número si no muy elevado sí al menos significativo de construcciones (palacios, casas nobles, residencias de la baja nobleza ...) en el periodo comprendido entre principios del siglo XVI

hasta el siglo XVIII. La villa de Épila, si bien tuvo unos siglos de cierto auge económico a lo largo de la Edad Moderna, e incluso más allá como consecuencia de una incipiente industrialización llevada a cabo entre fines del siglo XIX y comienzos del XX, nunca fue un núcleo de población de primer orden, ni contó con la presencia regular de arquitectos muy destacados, a excepción de la participación en la construcción en la iglesia parroquial de Santa María la Mayor de Agustín Sanz (Zaragoza, 1724–Zaragoza, 1801) uno de los más reseñables profesionales de la arquitectura durante la segunda mitad del siglo XVIII en Aragón. Lo que pretendemos es el análisis, no solamente tipológico, sino también relativo a los sistemas de puesta en obra y materiales de las diversas casas del municipio de Épila en el citado periodo.

Los materiales de construcción

En principio, y simplificando necesariamente el número de materiales empleados, podemos fácilmente considerar como materias primas de la construcción tradicional cinco elementos básicos dentro de los edificios analizados:

- Tierra, en sus diversas variedades, adobe, tapial y ladrillo cocido, siendo sin duda este último el material de mayor extensión y arraigo dentro de la tradición constructiva en la que se inscriben los palacios epilenses.
- Piedra; en el caso de Épila empleada de manera puntual salvo ejemplos concretos en los que su uso es algo más abundante y siempre en lugares estructuralmente comprometidos del edificio o bien en zonas que se deseaban proteger de manera específica, como esquinas en edificios emplazados en zonas de paso habitual de carros.
- Madera, tanto en la construcción propiamente dicha como en los medios auxiliares necesarios, apartado que se desglosará de manera individualizada más adelante.
- Yeso, fundamentalmente utilizado en labores de enlucido y revestimiento, o bien de refuerzo en zonas puntuales como en los entramados de cañizos en la ejecución de forjados o en zonas bajo cubiertas.
- Cal, como conglomerante en los morteros.

En los edificios que se han podido analizar dentro de Épila aparecen otros materiales secundarios, tales como betunes o breas, cañizos, entramados de madera unidos con morteros pobres o *negros* y otros similares. No obstante, no buscamos tanto un exhaustivo catálogo de las materias empleadas a lo largo del proceso constructivo como un análisis en profundidad del mismo. Este apartado tiene como función dar un somero repaso por los materiales más comunes, describiéndolos y analizando el conocimiento que de ellos se tenía durante los siglos XVI al XIX, para pasar posteriormente a la descripción de las fases de puesta en obra.

Indudablemente se hace necesario comenzar por el análisis de la tierra como material básico en la edificación y como técnica primordial de trabajo. Se ha pretendido englobar los tres medios (adobe, tapial y ladrillo cocido) dentro del mismo apartado por dos cuestiones. Por un lado, para no pormenorizar en exceso y también porque los tres comparten un origen común. No obstante, queda claro que la elaboración de cada uno de ellos difiere sensiblemente, tanto en la ejecución como constructivamente. Desde luego no tiene el mismo comportamiento una obra realizada a base de tierra cruda que otra con muros de carga de ladrillo de varios pies de espesor, pues hay disparidad de criterios en cerramientos ideados para quedar vistos frente a otros en los que en revoco como acabado superficial es elemento indispensable. Sin embargo, hay una serie de elementos identificativos en los inmuebles en los que la presencia de la tierra es denominador habitual que son los que se pretende analizar.

En primer lugar era un material al alcance de todas las economías, motivo por el cual su uso se generalizó, no ya durante la Edad Moderna, que es el periodo que aquí nos ocupa, sino mucho antes. Si bien se podría argumentar que la madera (junto con el follaje, la vegetación o las pieles de animales) fueron los primeros constituyentes de las edificaciones de la naciente arquitectura de los países pertenecientes a climas templados, la tierra o arcilla fue el elemento de construcción esencial en regiones en las que la madera escaseaba y particularmente en toda la cuenca del Mediterráneo. De hecho, ya en el siglo XIX, el ingeniero de caminos P. C. Espinosa aseguraba lo siguiente respecto del uso y el desarrollo histórico del adobe, con una percepción, por cierto, que se alejaba de la tónica habitual de consideración de los bloques

de tierra cruda como arquitectura de pobres, «Los adobes o ladrillos crudos, es decir, sin someter a la acción del fuego, tienen un uso muy frecuente en las construcciones rurales, y en la antigüedad se empleaban en obras importantes, habiéndose llegado á conservar durante muchos siglos varios restos de edificios construidos con este material. En Egipto, la pirámide que, según la tradición, fue erigida por el rey Asichis, estaba edificada con adobes. En Grecia y en Roma se emplearon en la construcción de templos y toda clase de edificios« (Espinosa [1859] 1991, 167).

Su presencia en lugares como el Bajo Aragón era casi omnipresente, sobre todo teniendo en cuenta que otros elementos constructivos como la piedra eran difíciles de conseguir y trabajar además de caros, con lo que su empleo se veía reducido al caso de obras de gran envergadura o que contasen con presupuestos muy holgados. La versatilidad del adobe, entendiendo que podía adoptar formas muy variadas con tan solo su colocación dentro de moldes de madera fácilmente realizables, lo convirtió en un elemento de uso cotidiano. A esto se sumaba el hecho de que no requiriese ni tan siquiera de un horno, ya que su secado se producía al aire libre. En el caso de Épila cabe destacar que la presencia del adobe es habitual, si bien nunca como elemento único en las casas de cierta importancia, sino en zonas poco comprometidas o bien en puntos poco visibles y en los que la solicitación estructural es mínima.

La tipología del molde para la elaboración de bloques crudos o adobes no seguía, en realidad, ninguna clase de premisa, más allá de las necesidades morfológicas del proyecto, ya que con suma facilidad se podían elaborar figuras geométricas de lo más variado con apenas media docena de tablones. En la figura abajo representada se ha optado por mostrar las tipologías más usuales dentro de la tratadística de la época consultada, así como de la lógica constructiva de bloques paralelepipédicos, pero ello no significa que no se elaborasen formas diferentes o incluso características en otras zonas cuando así lo requiriese el edificio. Dichos moldes recibían numerosos nombres dependiendo de las zonas, tal y como recoge Eduardo Mariátegui en su *Glosario de términos de Arquitectura*, especializado en terminología antigua, añadiendo todas estas puntualizaciones; «Gabera: El marco para fabricar ladrillos y adobes. Gradilla. «que luego quiebren el marco, y *gavera,* y no la tengan

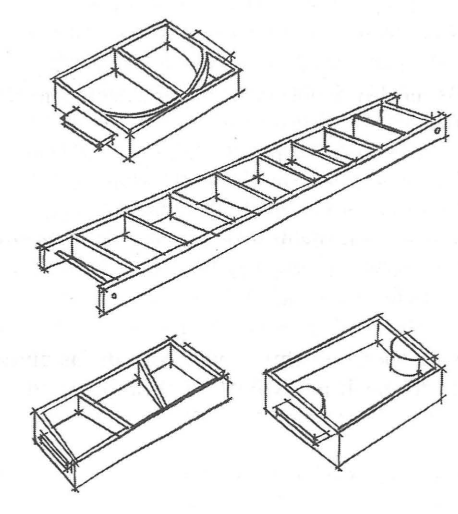


Figura 1
Moldes de madera para diversos tipos de adobes. Nótese la presencia de bridas para facilitar el manejo por parte de los trabajadores y la posibilidad casi infinita de modelos posibles con unos elementos base mínimos

mas en el tejar» *(Ord. de Granada, tít. de los Almadraveros.)* «ltem, que los dichos tejeros tengan sus *gaveras* y galapagos, para hazer su teja e ladrillo» *(Ord. de Málaga. De los Tejeros.)* «Qual quiera que isiere adoves para bender al pueblo agalo (sic) con la *gavera* de marca segun que la Ciudad lo tiene» *(Ord. de Córdoba, cap.* 54.) «fuere a requerir las dichas *gaveras,* o gradillas, o galapagos» *(Ord. de Sevilla. De las calumnias de teja y ladrillo*). El Coronel Valdés en su *Manual del Ingeniero* emplea la palabra *gabela,* que no hemos visto usada en ningún otro autor antiguo ni moderno como sinónima de gradilla ó marco para fabricar ladrillos» (Mariátegui 1876, 66–7).

Se hace necesario, además, apuntar otro factor (de tipo económico, básicamente) para la masiva utilización del adobe como módulo constructivo de la arquitectura que hemos dado en llamar popular o rural. La estabilización de los ladrillos de tierra cruda se conseguía con la simple adición de fibras vegetales, de manera común paja y briznas de hierba, que refor-

zaban la estructura interna de la arcilla cruda, a modo de armado interior, reforzando por un lado el secado del bloque y por otro evitando la aparición de grietas externas debidas a la retracción. Estos restos de tipo vegetal (pues eran precisamente los fragmentos desechados de las labores agrícolas) eran en realidad segmentos de en torno a cinco centímetros de longitud que no tenían coste alguno y que los propios trabajadores podían recolectar dentro del propio término urbano con gran facilidad, abaratondo enormemente los costes. La estabilización a base de mezcla con paja es recomendable para tierra preferentemente de base arcillosa, ya que minimiza (dentro del propio concepto de adobe como bloque secado al sol, sin cocción en horno) la retracción de las capas externas al actuar a la manera de un canal interno de drenaje. Como características físicas para la mejora de la tierra hay que entender también que ayuda a la mejora de las propiedades aislantes y optimiza la resistencia a tracción de los adobes. De acuerdo con los estudios contemporáneos (que como ya se ha indicado son válidos para los constructores de los siglos XVI-XIX sólo como percepciones empíricas basadas en la experiencia directa sobre el terreno), la adición de fibras vegetales a los bloques de tierra cruda puede llegar a aumentar la resistencia frente a esfuerzos de compresión inicial hasta en un 15%. En el único caso en el que esta mejora material no se produciría sería en el empleo de terrenos especialmente arenosos, caso que no sucede en el ámbito geográfico que tratamos. No obstante, en tal caso los bloques sin cocer prácticamente se desharían al entrar en carga en cualquier tipo de situación, con o sin la adición de los *refuerzos* vegetales.

Desde el punto de vista contemporáneo, sin embargo, se tiende a dar un paso más y considerar la tierra cruda no ya como un material *popular*, sino *pobre*, lo que desde luego supone un completo error, dadas las propias cualidades de ésta. Esta percepción sin duda tiene su origen en la concepción constructiva tradicional según la cual la arcilla secada al sol constituía un material de base lo suficientemente sólido y eficaz como para soportar las solicitaciones estructurales medias de una vivienda tipo. Desde luego esta percepción se alteró con el paso del tiempo, comprobándose de manera empírica que aumentaba su resistencia frente a la humedad y la acción de los agentes atmosféricos si se le sometía a un proceso de cocción, e incluso que cuanto más prolongado, homogéneo y de mayor temperatura era este, mejor se comportaban los bloques resultantes. Es muy posible que el origen de esta constatación se produjese en los talleres de alfarería y que sólo después de un tiempo se vinculara con la edificación, al constatarse su eficiencia.

La tierra empleada en su estado natural realmente se refiere a masas de arcilla humectada lo suficiente como para resultar maleables a la cual se solían añadir elementos vegetales como fibras o raíces. Éstos fragmentos se modelaban a mano y se introducían en recipientes de morfologías variadas, retirándose el material sobrante por medio de una cuerda u otro elemento análogo y se dejaban secar al sol. La arcilla así empleada, incluso con un regado regular, iba sufriendo un proceso de fisuración superficial al producirse el secado de las capas exteriores, motivo por el que se le añadían los elementos vegetales, para que hiciesen de *rigidizadores* de la estructura interna. Este proceso de secado y fisuración en la elaboración de los módulos de adobe se acentúa más aún si el material natural es del tipo de las *arcillas grasas*. Por el contrario, las denominadas *arcillas magras* se hallan mezcladas con diversas proporciones de arenas, dando como resultado un aspecto menos plástico y resultando adobes con un coeficiente de desecación menor. Esta observación llevó a la introducción de desengrasantes naturales en la arcilla, susceptibles de combatir los efectos de contracción y fisura. En este caso debemos entender que *desengrasar* supone realmente empobrecer la materia prima con la inclusión de una serie de cuerpos de menor calidad.

La versión más evolucionada de los moldes de tierra es el ladrillo, sin duda el elemento material con mayor presencia en los palacios epilenses de época moderna. Ya en el siglo XX el arquitecto Barberot definía sus características principales de pormenorizadamente, del siguiente modo; «La calidad del ladrillo varía con la clase de tierras empleadas para su fabricación. La arcilla para los ladrillos ordinarios no debe ser ni muy grasa ni muy árida: en el primer caso aquéllos se alabean y se agrietan por la cocción; en el segundo caso, los ladrillos obtenidos se vitrificarían o fundirían en el fuego y no permitirían una resistencia suficiente. Si la arcilla es demasiado grasa, se le agrega arena fina o materias calizas en polvo; si es muy árida, se le añade cierta cantidad de marga o de cal y, muy raras veces, arcilla plástica. Deben proscribirse, rigurosamente, las arcillas que contengan caliza, por-

que ésta, en el horno, se convierte en cal viva que, a la primera lluvia, se apaga y rompe el ladrillo. También se debe evitar en la arcilla la presencia de partículas de cuarzo y de pirita de hierro. Un buen ladrillo debe tener las siguientes cualidades: *homogeneidad,* que se reconoce en la ausencia de fisuras y defectos, en la uniformidad y finura del grano y por ser la fractura brillante; *dureza* o sea resistencia a la flexión y a la compresión; *regularidad de la forma,* lo que exige superficies lisas, aristas vivas y ángulos rectos para que los tendeles de mortero resulten de espesor uniforme. La *facilidad de poderse cortar,* aunque no es indispensable en la mayoría de los casos, es útil sin embargo para preparar ángulos, molduras, etc.; en una palabra, el ladrillo debe ser bastante resistente pero suficientemente manejable. Las tierras para la fabricación se deben extraer en otoño, dejándolas al aire y removiéndolas de vez en cuando, durante todo el invierno; después se humedece y amasa la tierra en una fosa de mampostería, donde se tritura quitando con cuidado las piedrecillas y materias extrañas. Se agrega, entonces, a la arcilla triturada la cantidad de arena o de caliza necesaria para darle la calidad apetecida. El ladrillo suele moldearse a mano, pero en los centros importantes se moldea mecánicamente. Después del moldeo, el ladrillo debe someterse a una desecación lenta al aire y luego se cuece, ya en hormigueros, ya en hornos» (Barberot 1927, 644). Todo este cuidadoso procedimiento, si bien posterior en el tiempo, se ajusta perfectamente a los modos de trabajo que hemos encontrado en las construcciones analizadas, probablemente menos codificado a mediados del siglo XVIII de lo que señalan los manuales posteriores, pero muy similar, en líneas generales tanto en el acopio como en la puesta en obra.

Otro de los sistemas constructivos tradicionales de mayor arraigo en Aragón y con el que contamos con ejemplos en Épila es la tapia o *tapial*. Quizás se haga necesaria una breve explicación, puesto que si bien ambos términos son intercambiables y de hecho se emplean indistintamente, en puridad el *tapial* es el cajón empleado como molde para albergar la tierra. Por otra parte, la *tapia* es el elemento constructivo que resulta de la aplicación de este método de edificación esto es, el muro propiamente dicho.

Su denominación genérica varía según las zonas geográficas, pero su conocimiento está ampliamente extendido. Así, por ejemplo en Francia se conoce como *terre pisé* o tierra pisada, en Inglaterra como *rammed earth* y en Alemania como *stampflehmbau*, aunque se hace necesario insistir que a pesar de su casi total inexistencia en la actualidad, su empleo estuvo generalizado en amplias zonas de Europa entre los siglos XIV y XIX. De esta manera cabe señalar que, entre 1790 y 1791, François Cointeraux publicó en Francia hasta cuatro pequeños manuales acerca de la construcción de viviendas basadas en dicho procedimiento los cuales alcanzaron tanto éxito que fueron exportados y traducidos al alemán tan sólo dos años después, en 1793. La difusión de este sistema de tierra pisada arraigó de modo fulgurante en tierras alemanas como resultado del conocimiento de dichos textos técnicos, además de por la presencia de otro manual de referencia, *Handbuch der Lehmbaukunst*, literalmente traducible como «El libro de mano de la construcción en tierra», obra de David Gilly fechada en 1787. Tal fue el éxito de este método constructivo que la vivienda más antigua construida según sus preceptos y todavía en pie hoy en día en Alemania data de 1795 (Minke 2001, 15).

Lo único que había que tener en cuenta en la ejecución de los encofrados para la puesta en obra de muros de tapia era, precisamente, el propio desarrollo del proceso. Así, y debido a que es el propio ope-

FASES DE MURO DE TAPIA

Figura 2
Dibujo en esquema de las diversas fases del levantamiento, de izquierda a derecha, de un muro de tapia en altura con encofrado tradicional a base de tablones de madera y ejecutado con un zócalo o basamento de piedra, del cual surge, en la zona central del muro una *llave* o bloque de refuerzo. En el caso de Épila todos los edificios estudiados, de tapial o ladrillo, fueron ejecutados según este modelo con zócalo de piedra como elemento de separación frente a las humedades del terreno

rario el que se coloca dentro del cajón y va compactando manualmente y con la ayuda de pisones las distintas tongadas de tierra —las cuales no solían superar los treinta centímetros de espesor— había que prever dicha circunstancia y reforzar tanto los laterales de los cajones como las partes altas de los mismos. Lo que se perseguía con esto era que los esfuerzos laterales no hiciesen saltar la estructura de base, malogrando por tanto la correcta realización de los tapiales.

Las recomendaciones que podríamos describir como fundamentales para la ejecución de estos muros de tapia son muy básicas y en realidad se resumen en los siguientes puntos;

- El encofrado debía ser lo más rígido posible para evitar la aparición de efectos de pandeo que suponían la inmediata destrucción de lo ejecutado hasta el momento, tanto por el resentimiento de la estructura de madera como por la imposibilidad de continuar con el apisonado de las tongadas de arcilla húmeda.
- Las piezas, casi a la manera de prefabricados modulares, debían ser fácilmente desmontables y debían poder ser transportadas por no más de dos personas, habitualmente un oficial o maestro y su ayudante.
- Los elementos horizontales tenían que estar arriostrados por refuerzos verticales cada 75 ó 90 centímetros, puesto que el interior de los moldes debía contener no solamente la tierra comprimida, sino también a los operarios que la manejaban, con el consiguiente aumento de presiones de tipo horizontal.
- Los encofrados debían poder ser perfectamente ajustables tanto en sentido vertical como en horizontal, y los refuerzos externos tenían que ajustar a la perfección, de modo habitual calzados sobre cuñas de madera (tal y como aparece en la figura superior).
- Las variaciones en el espesor de los muros, caso de necesitarse por motivos de proyecto, debían ser controlables con unos ajustes mínimos y siempre teniendo en cuenta una mano de obra reducida. Esto tenía que implicar, pues, la flexibilidad de los mencionados módulos; es decir, que la ejecución era rápida por significar la repetición de cubos que se alineaban, pero no de manera rígida e inamovible.
- Era preferible que las esquinas no requiriesen de encofrados especiales, motivo por el cual era deseable que los módulos permitieran variaciones de longitud, con lo cual, además, se aseguraba la posibilidad de rectificación en el caso de replanteos no especialmente finos.
- En el caso del empleo de mezclas de terrenos especialmente arcillosos (poco habituales en Épila), los encofrados no debían ser desmontados directamente desde los muros, sino que era preferible que se deslizasen sobre las superficies de los mismos, para evitar que las partículas de tierra que todavía contuvieran agua quedasen adheridas resultando una puesta en obra deficiente.

Por regla general, la resistencia a los esfuerzos de compresión de los elementos de construcción de tierra en seco, como es el caso del tapial, al tratarse de bloques de terreno compactado se encuentra habitualmente en un rango que oscila entre los 5 y los 50 kg/cm^2. El resultado final de dicho proceso, que puede resultar un tanto sorprendente desde el punto de vista actual al suponer variaciones que multiplican hasta por diez algunos valores respecto de otros, de-

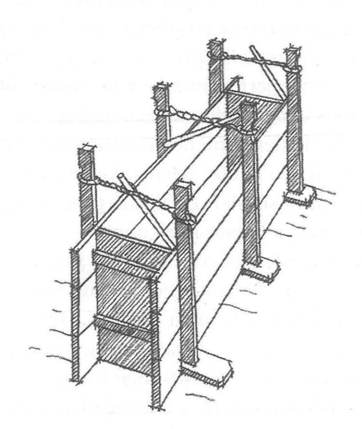


Figura 3
Representación de una de las variantes de encofrado tradicional para la ejecución de tapial con encajonado en los extremos, sogas y barras atadas en la parte superior para evitar el pandeo de los muros

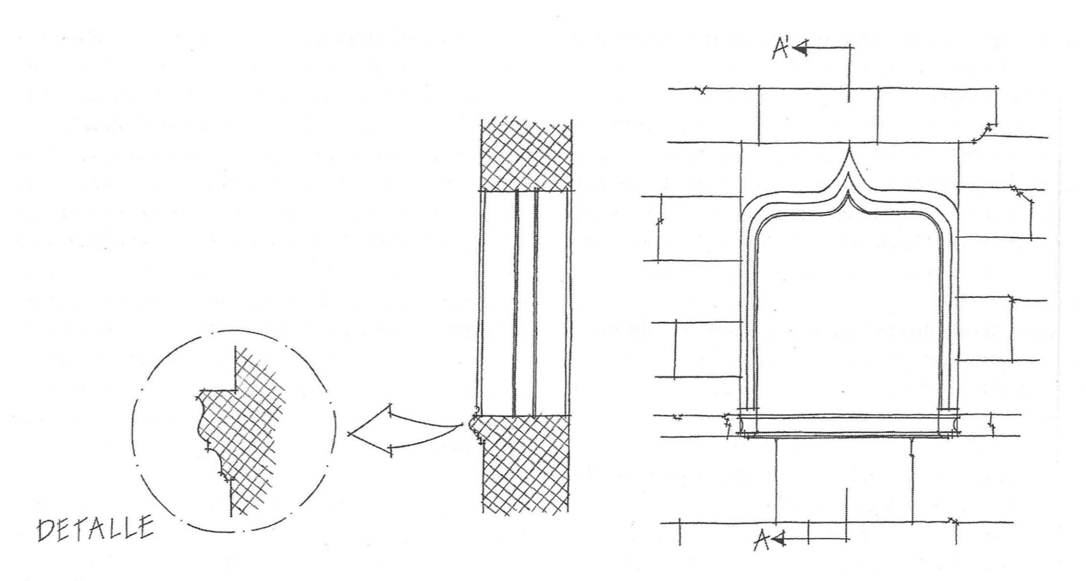


Figura 4
Detalle, Sección y Alzado frontal del vano de tipología conopial emplazado en la fachada de la Casa de Calle La Peña nº 33–35 y ejecutada en su totalidad por medio de sillares de piedra de tamaño medio, bien escuadrados y trabajados, que suponen el mejor ejemplo de trabajo en piedra entre las casas de Épila

penden fundamentalmente de dos causas. Estas son en primer lugar el grado de compactación de las tongadas de tierra y la precisión de la puesta en obra, y en segundo lugar las cantidades y tipo de arcillas que contienen las capas de terreno empleadas, así como la distribución granulométrica de los limos, arenas y agregados mayores. En el caso de Épila, los ejemplos analizados y el terreno base de que se dispone sitúa los muros ejecutados con esta técnica en unos valores medios dentro del nivel de valores apuntado con anterioridad. Por su parte, el comportamiento frente a los esfuerzos a tracción es lo que en términos contemporáneos de mecánica de suelos podríamos denominar como *cohesividad* del terreno. Esta característica física de cohesión del barro o tierra húmeda depende tanto de las cantidades de arcilla como del tipo de minerales arcillosos que están contenidos en la masa. Así pues, y al estar relacionada con el contenido de agua, la cohesividad de distintos barros solamente podría ser comparada en el caso de que la plasticidad de éstos fuese idéntica. Como, desde luego, este último punto se escapaba a los conocimientos de la época la única manera de asegurar un resultado lo más óptimo posible era confiar en una ejecución muy cuidada de los muros de tapia, siguiendo las recomendaciones que ya se han descrito anteriormente. Se hace necesario insistir que la edificación popular del momento suplía con el conocimiento derivado de la experiencia lo que en la actualidad podemos demostrar en laboratorios con la repetición de pruebas y ensayos y que, dentro de las casas analizadas en el ejemplo epilense, los muros de tapia fueron un ejemplo más, pero nunca la norma constructiva habitual, sobre todo en las zonas de mayor demanda estructural de los edificios.

La piedra es un elemento poco presente en la construcción dentro del ámbito de la comarca de Valdejalón durante la Edad Moderna. Épila no fue ajena a este modo de proceder y apenas si podemos encontrar ejemplos de edificaciones en las que el empleo de ésta sea generalizado. Sí es cierto, sin embargo, que en la mayoría de las construcciones de una cierta entidad que se realizaron durante estos siglos hay zonas, bien revestidas o bien realizadas en su totalidad por medio de sillares, pero en el conjunto del edificio epilense moderno fue un material que podríamos considerar como secundario. De hecho, en los casos en los que la presencia de sillares está más presente

es en aquellos que podríamos llevar más atrás en el tiempo hasta finales de la Edad Media o bien ya en la transición hacia el siglo XVI, como la casa de la actual Calle La Peña 33–35 (la cual es el mejor ejemplo de arquitectura en piedra del momento en el municipio, por encima de otros palacios de mayor tamaño). Cabe señalar, además, que en el entorno de Épila hay canteras, sobre todo hacia Calatorao, lo que previsiblemente nos hace pensar que el transporte y costo del material no fuese tan elevado como para ser desestimado automáticamente al tratarse de lugares distantes apenas una decena de kilómetros. Es posible, sin embargo, que el peso de la tradición edificatoria de la zona y la ausencia de mano de obra especializada en la labra y talla de la piedra hiciesen más cómoda la construcción a base de ladrillos. De cualquier modo, tampoco cabe hablar de piedra sillar de gran entidad en los escasos ejemplos de construcción pétrea que hay en Épila, siendo mucho más común que los paramentos levantados fueran de los denominados *de tres hojas*, sobre todo a partir del siglo XVII, con una doble pared de ladrillo aplantillado asentado sobre un zócalo de sillarejo más o menos regular, con el interior relleno de cascotes o ripio y, a modo de refuerzo, conglomerados de piedra dispuestos regularmente.

De forma general lo que se puede afirmar es que la arquitectura epilense de mampostería y ladrillo recurrió a las rocas locales para elementos puntuales de sus edificios, destinados bien a zonas de fuertes demandas estructurales como esquinas y determinados vanos o aleros o, en su defecto y como material enriquecedor, para destacar puntos concretos de los edificios, tales como portadas, escudos de armas, cuerpos de escaleras o motivos ornamentales. Esto es lo que ocurre precisamente en la portada *alta*, que da a la parte inferior de la plaza de la iglesia, del Palacio de los condes de Aranda. El conjunto de la residencia se halla realizado a base de ladrillo, alternado con zonas de mampuesto tomado con mortero de cal (a modo de refuerzo, en bloques rectangulares, en zonas de grandes longitudes de muros). Sin embargo, tanto la parte inferior del zócalo de arranque como la portada principal se ejecutaron en piedra sillar.

La presencia de la madera en la arquitectura de la zona se limitó a partes concretas de las casas que nos ocupan, principalmente carpinterías de puertas y ventanas, remates y aleros así como elementos de cubiertas y techumbres interiores. Es cierto que en este momento histórico ya habían empezado a surgir otros materiales que comenzaban a quitarle su papel hegemónico. Además, la zona de Épila tampoco destaca por sus frondosos y abundantes bosques, y ambas cuestiones pudieron resultar en un empleo bastante reducido de la misma. Sin embargo, no hay que menospreciar el papel de este material en la construcción civil del momento, especialmente en todo lo relativo a elementos auxiliares y de puesta en obra, arriostramientos, andamiajes, polipastos, grúas, etc. Cabe señalar, no obstante, un punto de inflexión hacia mediados del siglo XVII acerca de la creencia de la idoneidad de la madera en determinados puntos del edificio, ya que toda una corriente dentro de los tratadistas del momento comenzaron a plantear la necesidad de materiales más duraderos, poniendo en entredicho su omnipresencia. Así, ya en 1763, el padre Christiano Rieger, de la Compañía de Jesús, en su volumen Elementos de toda la Architectura Civil, planteaba la idoneidad de los elementos lígneos en la construcción y trataba el tema de la diversidad de materiales del siguiente modo; «en la elección de la materia deberá preferirse la más durable a la menos durable. Assí deben preferirse las piedras a las maderas en los edificios. Las piedras, que se abren, o quartean fácilmente con el calor, no ron buenas para las escaleras. Las maderas se han de echar siempre secas; porque secándose puestas ya en la fábrica, se pudren, se tuercen. Y generalmente se ha de procurar poner todo lo que más resiste al fuego, a las aguas, al peso que se les ha de imponer, y a las injurias del ayre (sic)» (Rieger 1763, 218).

Así pues, el trabajo de la madera se dividía en dos apartados diferenciados. El ramo de la construcción que se conoce como carpintería de taller abarcaba, en términos generales la fabricación, ajuste y colocación de todos aquellos elementos no estructurales de madera que se llevaban a cabo en una edificación. En este campo, pues, no entraban en consideración ni los entramados de madera de techos ni las estructuras de soporte de las cubiertas, los cuales quedaban englobados dentro de la carpintería de armar (la cual, debido al formato de este texto, no vamos a poder tratar). Esta actividad quedaba casi en exclusiva encargada de todo lo relacionado con el cierre de vanos y huecos, así como el revestimiento de ciertos espacios por medio de chapeados, arrimaderos, zócalos o artesonados. De hecho, así es como queda tipificada

esta diferencia entre modos de carpintería en un manual técnico del año 1879, obra de Marcelino García, donde se apunta lo siguiente; «llamase carpintería de armar ó carpintería, de obras de afuera, la aplicación que el arte experimenta en la construcción de obras dedicadas al recubierto dé casas y edificios, formación de tejados, suelos, techos, tabiques, escaleras, cimbras, andamiajes y todo cuanto puede relacionarse con la construcción de edificios en la parte en que la madera entra en su formación de un modo fijo y formando cuerpo con ellos. Esta profesión exige el empleo de fuertes y gruesas piezas, que generalmente son de pino ó castaño y raras veces de otras maderas, y el trabajo se hace al aire libre sobre la misma obra siendo una de las operaciones de mas importancia para esta clase de trabajos el aserrado de la madera en tablas para suelos cubiertas etc.» (García López 1879, 90–91). De hecho, los tipos de madera empleada (fundamentalmente pino y abeto) sirvieron para dotar del sobrenombre de carpintería *de lo blanco* a la utilizada para estos menesteres, denominación que aparece en numerosas ocasiones, sobre todo en los manuales del siglos XVI y XVII..

El marco era el elemento básico de la carpintería de obra, sobre todo en casas de mediano tamaño, en las que los elementos ornamentales eran mínimos. Los bastidores u hojas de madera de puertas y ventanas se fijaban y encajaban en los muros y tabiques por medio de los cercos constituidos por varias piezas individuales ensambladas entre sí. El marco recto estaba conformado por medio de dos piezas verticales denominadas largueros y una o dos horizontales llamadas cabios. De estos, el inferior como en el caso de las ventanas o las puertas balconeras se conocía como escupidor o bateaguas, mientras que al de la parte superior se le denominaba dintel. Solía construirse de tal forma que las caras de sus elementos, las cuales debían estar en contacto inmediato con la fábrica del muro, estuviesen ligeramente astilladas o al menos rugosas, con la finalidad principal de facilitar su adherencia frente al material aglomerante. Esta deseada trabazón del marco al muro correspondiente se aseguraba todavía más con el empotramiento de las claveras. Estos elementos constructivos no eran sino clavos de hierro de una longitud superior a la habitual (en algunos casos de hasta veinticinco centímetros) que tenían como misión fundamental traspasar en su totalidad el espesor del marco e incrustarse profundamente en el muro, para dotar de mayor rigidez al conjunto. En los ejemplos epilenses que hemos podido observar se aprecia esta manera de proceder, quedando visible en aquellos inmuebles que se encuentran en un estado de deterioro avanzado puesto que el larguero de madera y el muro de ladrillo ya no forman una trama indiferenciada.

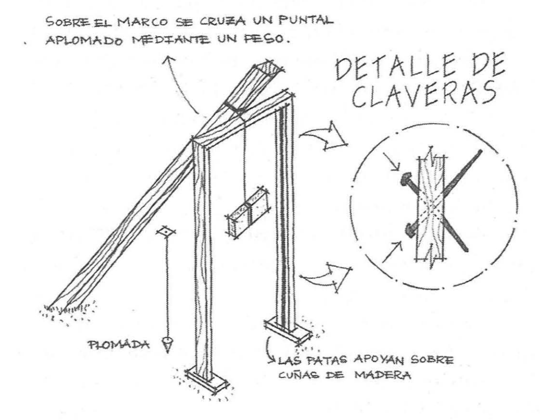


Figura 5
Esquema del procedimiento de colocación de la carpintería con el detalle de las claveras o grandes puntas metálicas que se disponían cruzadas en dos puntos del marco de madera, atravesándolo hasta que éste quedaba unido con la fábrica de ladrillo

El yeso es un conglomerante de tipo natural que originalmente deriva de la roca denominada algez y que no es más que un cristal de sulfato de calcio combinado con dos moléculas de agua. Su empleo se llevaba a cabo tradicionalmente en la construcción popular y rural, muchas veces asociado al autoabastecimiento y Épila no fue una excepción. Así, en los tajos de las obras o bien en zonas anejas los propios trabajadores eran los encargados de construir hornos temporales dedicados a la calcinación de las rocas yesíferas. Esta manera de proceder es la que a los ojos de algunos autores contemporáneos ha derivado en la percepción, equivocada, de que se trata de un material de segunda clase, un sustituto de rápida ejecución y coste relativamente bajo, dedicado para las obras arquitectónicas de peor calidad. Hay que entender que el yeso se ha utilizado a lo largo de la his-

toria como conglomerante de tipo aéreo, como mortero, como base para los enlucidos de paramentos, de solados y pavimentos dentro de apartado más constructivo, pero también como elemento decorativo. Así, suponía el elemento base de los elementos ornamentales de las yeserías y decoraciones de vanos, cúpulas, bóvedas, etc. También se empleaba como refuerzo en vanos en esquinas y jambas, en paños de muros e incluso como material de relleno de tapialeras. Su importancia era destacada ya por los técnicos de la época, y a mediados del siglo XIX, M. De Fontenay destacaba sus características físicas, cómo se debía calcinar e incluso cuáles eran los mejores momentos para su puesta en obra, asegurando que «la piedra que se calcina para obtener el yeso casi nunca está pura, porque es una mezcla de sulfato y de carbonato de cal. Calcinada se convierte en una mezcla de cal viva y de sulfato calizo privado de agua. El mejor modo de calcinar la piedra de yeso consiste en aplicar, primero un calor moderado á fin de hacerle perder su humedad y toda el agua que no se halla en estado de combinación. Se aumenta en seguida el fuego, pero menos que para la calcinación de la cal; y basta sostener el fuego veinticuatro horas á este grado para que esté completamente cocido. Es menester utilizar el yeso inmediatamente que esté cocido y pulverizado, porque en este estado atrae la humedad del aire, y no puede ya amasarse» (Fontenay 1858, 27–28).

Sus propiedades como material de aglomeración, su finura y su plasticidad así como el hecho de ser un material abundante en la comarca de Valdejalón y que su manipulación pudiera ser realizada por mano de obra no especialmente cualificada y/o preparada, hicieron del yeso un conglomerante de uso generalizado. Además, mezclado con la tierra en estado húmedo adquiere de manera muy rápida una resistencia mucho más alta que por sí mismo, sin la desventaja de la aparición de grietas de retracción, cualidad que, sin duda, conocían los maestros de obra de la época aunque fuese de manera empírica. Su formulación química, CaSO4·2H2O, indica que es un mineral común, el cual se encuentra en la naturaleza por la precipitación del sulfato de calcio en agua de mar, como también esta generalmente asociado a la caliza debido a la acción del ácido sulfúrico proveniente de zonas volcánicas sobre la caliza por la siguiente reacción: CaCO3 + $H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 + CO_2 + H_2O$. También su obtención se puede dar de manera artificial como subproducto de la formación de H_3PO_4 a partir del $Ca_3(PO_4)_2$ por la siguiente reacción: $Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2SO_4 \rightarrow 2H_3PO_4 + 3CaSO_4$. Para su empleo en la edificación el primer paso del proceso es la deshidratación por medio de la cocción en un horno. En el tipo de edilicia que nos ocupa, estos hornos solían ser construcciones temporales realizadas en solares anejos a los tajos de obra y que utilizaban madera como combustible más habitual. El yeso natural, al ser calcinado pierde tres cuartas partes del agua inicial que contenía, dando como resultado el hemihidrato de yeso o yeso calcinado, que responde a la siguiente formulación química: $CaSO_4{*}2H_2O = CaSO_4{*}1/2H_2O{+}1{*}1/2H_2O$.

Este producto, debidamente manipulado y molido daba como resultado una pasta que debía ser a su vez cribada. La mano de obra, aunque no fuese especialmente experta conseguía sin apenas esfuerzo un polvo fino de gran calidad que es la base de lo que se conoce como yeso para construcción. Éste, tiene la característica física de que, al ser mezclado con agua a temperatura ambiente, recombina con gran facilidad con la misma cantidad de agua, aproximadamente, que previamente se había perdido con el proceso de cocción y calcinación. El resultado último de esto es la creación de una red cristalina dentro de la estructura molecular del yeso de mucha mayor resistencia y fuerza que la original de la roca de algez. En realidad esta es la propiedad fundamental en la que se basarían otras técnicas constructivas del momento, si bien su conocimiento era intuido sólo de modo empírico. Así, la técnica de tierra vaciada permite el empleo de suelos y tierras de variadas procedencias (proporciones importantes de arenas y finos limosos, por ejemplo, así como terrenos cohesivos con bajo contenido en arcillas) sirviendo siempre el yeso de elemento conglomerante.

La cal es un producto natural que se obtiene a partir de la cocción de su elemento base que es la piedra caliza ($CaCO_3$ según su formulación química), la cual aparece en abundancia en capas superficiales del terreno en la zona de Valdejalón. La fabricación de cales es un proceso complejo que comprende a su vez la sucesión de dos procedimientos químicos: calcinación e hidratación. Se hace necesario reiterar que la elaboración de estos materiales indispensables para el desarrollo de la obra se producía in situ y que eran los propios maestros albañiles, peones y operarios los que llevaban a cabo toda la operación

desde la llegada de las materias primas sin elaborar a la obra. No obstante, desde luego sería necesaria la presencia de algún maestro calero como supervisor, sobre todo, del proceso de construcción de los hornos y del proceso de cocción, el cual solía prolongarse durante varios días. La obtención de la materia elaborada apta para la construcción se inicia por medio de la calcinación de la piedra caliza en hornos hasta alcanzar temperaturas del orden de los 800–900 ºC, lo que da como resultado la aparición de la denominada cal viva, la cual no es sino un óxido de cal. Este proceso de calcinación supone unas pérdidas del orden de en torno al 40 45% del total del peso de la roca original como resultado de la deshidratación en forma de CO_2, explicándose de hecho como $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$. Con posterioridad es necesario dejar reposar la mencionada cal viva (entendiendo que en esta fase no es apta todavía para la construcción) para que se asiente en recipientes o almacenes con lo que se consigue la denominada cal apagada o hidróxido de calcio que es la que ya es apta para su uso como materia prima en la edificación. La cal apagada se obtiene a partir de la cal viva porque esta última produce una reacción estequiométrica (se produce con la cantidad mínima de aire para que no existan sustancias combustibles en los gases de reacción) con el agua, siendo además esta reacción tremendamente exotérmica, y quedando formulada como $CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$. Este agua que se añade al hidróxido de calcio para su empleo en la elaboración de morteros y revocos es la que desencadena el ulterior proceso de carbonatación al reaccionar con el CO_2 presente en la atmósfera.

Por lo tanto, y a modo de resumen, lo que debe entenderse es que la fabricación de cales comprende dos procesos químicos sucesivos como son calcinación e hidratación, a los cuales van asociados las operaciones de transporte, trituración y pulverización de la caliza además de la separación por aire y el almacenamiento adecuado de la cal obtenida para evitar los procesos de recarbonatación, quedando el resultado final como $Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$. Cabe señalar que también existe la lechada de cal, que no es mas que cal hidratada con un exceso de agua, una suspensión del hidróxido en la solución acuosa que se empleaba normalmente, y así diluida, para blanquear ciertos revocos o muros que no se deseaban vistos, puesto que este hidróxido de cal era



Figura 6
Representación de un horno de cal tradicional con sus diversas partes numeradas según las descripciones de los tratadistas modernos

sin duda la más barata de las cales y la más sencilla de producir. De hecho, en el Diccionario de Arquitectura Civil de Benito Bails aparece descrito el proceso de aplicación de lechada de cal como Acicalar, diciéndose que se trata de la última capa de terminación del muro de fábrica al exterior, repasando llagas y tendeles (Bails [1802] 1973, 1).

En el caso, bastante probable dentro del área de Épila por la composición geológica del suelo, de que la roca a calcinar tuviera impurezas varias (especialmente alúmina, hierro o sílice), las reacciones químicas dentro del horno tienden a provocar la disociación del carbonato cálcico o magnésico, dando lugar, respectivamente, a anhídrido carbónico y óxido de calcio. Por otra parte, en los hornos de tipo tradicional, en los que la temperatura que se alcanzaba raras veces solía superar los 800 ºC, lo que sí se llegaba a conseguir era la descomposición más o menos homogénea de las arcillas (las cuales reaccionan a partir de los 700 ºC) para formar óxidos de silicio, hierro y aluminio. Con posterioridad, el óxido de calcio o magnesio lo que hace es reaccionar frente a estas impurezas, dando como resultado la obtención de la cal hidráulica, tendente a fraguar en ambientes húmedos. Para la obtención de la cal se pueden diferenciar tres procesos dentro de los sistemas tradicionales: la cocción en horno con el fogón en la base; la cocción en horno por apilamiento; la cocción en área exterior o al aire libre. Los hornos apenas si sufrieron variaciones de tipo con el paso del tiempo y con menor pro-

babilidad en el caso de una zona rural como es la de Valdejalón, con lo que pueden ser descritos con bastante precisión. Podían ser tanto circulares como de planta alargada, con un volumen troncocónico y se solían instalar parcialmente enterrados tal y como se aprecia en la figura inferior. Esta indicación no es gratuita, ya que al estar en una cota por debajo de la rasante del terreno se permitía una doble función que mejoraba las capacidades del horno, sobre todo teniendo en cuenta que al tratarse de construcciones provisionales no contaban con los mejores materiales ni se cuidaban excesivamente. Por un lado se permitía una mejor conservación del calor y de manera añadida un menor consumo energético, es decir, menor gasto de combustible así como de un acceso cómodo al fogón. Por otra parte, se podía cargar el material desde la parte superior con mayor facilidad y en caso necesario se favorecía la posibilidad de apilarlo. En los casos en que la morfología del terreno lo permitiese también podía ser instalado al pie de un declive o de un terraplén, lo que en el accidentado terreno urbano epilense es una posibilidad a tener en cuenta.

Lista de referencias

Bails, Benito. [1802] 1973. *Diccionario de Arquitectura Civil. Obra Póstuma de Don Benito Bails*, Madrid: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Asturias, 1973.

Barberot, E. 1927. *Tratado práctico de Edificación*. Barcelona: Gustavo Gili.

Espinosa, P.C. [1859] 1991. *Manual de Construcciones de Albañilería*. Madrid: Real Academia Española, Consejo General de la Arquitectura Técnica de España.

Fontenay, M. de. 1858. *Novísimo manual práctico de las construcciones rústicas ó guía para los habitantes del campo y los operarios en las construcciones rurales*. Madrid: Calleja, López y Rivadeneyra.

García López, Marcelino. 1879. *Manual del carpintero y ebanista o carpintería de armar, de taller y de muebles*. Madrid: Librería de Cuesta.

Mariátegui, Eduardo. 1876. *Glosario de algunos antiguos vocablos de Arquitectura y de sus artes auxiliares*. Madrid: Imprenta del Memorial de Ingenieros.

Minke, Gernot. 2001. *Manual de construcción en tierra*. Montevideo: Fin de Siglo.

Rieger, Christiano. 1763. *Elementos de toda la Architectura Civil*. Madrid: Joaquín Ibarra.

Explotación de canteras para la obtención de material constructivo en época romana: el ejemplo de Segóbriga

Javier Atienza Fuente

La ciudad romana de Segóbriga

Enclavada en el cerro Cabeza de Griego (Saelices, Cuenca), la ciudad de Segóbriga fue fundada ex novo en los años centrales del siglo I a.C. agrupando a la población de varios núcleos indígenas dispersos, en un fenómeno de sinecismo que se puede seguir en otras zonas de nuestra geografía.[1] Con ello se pretendía no sólo ejercer un control efectivo sobre la población nativa, sino también proceder a una explotación y gestión más eficaz de los recursos que ofrecía el territorio.

Lugar de paso obligado en las rutas que, desde el interior de la meseta, se dirigían hacia los puertos del Levante peninsular, especialmente Carthago Nova (Cartagena, Murcia), Segóbriga estaba situada, desde el punto de vista comercial, en una zona estratégica. Más importante que su situación geográfica era la riqueza que escondía su subsuelo. Efectivamente, la explotación intensiva del lapis specularis mediante uno de los complejos mineros más extensos de todo el imperio, así como la producción agrícola y ganadera, que debió ser importante a juzgar por los restos de villas y construcciones menores localizadas en su entorno más inmediato, proporcionó a la ciudad una notable posición económica durante todo el siglo I de nuestra era y buena parte del II.

La prosperidad económica de la urbe, las evidencias atestiguadas desde época temprana de la existencia de magistraturas urbanas en pleno ejercicio de sus actividades, así como el hecho de que las minas de lapis specularis fueran de propiedad imperial, cuya explotación corría a cargo de un procurador que representaba los intereses del emperador, propiciaron la existencia en Segóbriga, prácticamente desde el



Figura 1
Vista aérea de las excavaciones de Segóbriga tras la finalización de la campaña de 2006. (Abascal et al. 2007)

momento de su fundación, de grupos elitistas en su sociedad. Estos personajes tendrán una importancia decisiva en la dotación de infraestructuras y monumentalización arquitectónica que se produce en la ciudad y que, iniciada en época augustea, en torno al cambio de era, proseguirá a lo largo de buena parte del siglo I d. C. Los restos epigráficos nos han revelado los nombres de algunos de estos personajes destacados que, con su riqueza, sufragaron los gastos de construcción y/o adecuación de algunos de estos edificios.[2]

Así pues, con el transcurrir del siglo I la ciudad de Segóbriga se transforma, coincidiendo con el apogeo de su prosperidad económica. Se trata de un proyecto urbanístico a gran escala que afectó prácticamente a la totalidad del núcleo urbano y donde las antiguas estructuras republicanas son desmanteladas y arrasadas para crear un sistema de aterrazamientos, con paralelos en multitud de ciudades de la época, y conseguir superficie suficiente donde levantar nuevas construcciones. Se rodea la ciudad con un lienzo de muralla cuya función es puramente simbólica y propagandística, se diseña una nueva plaza forense, rodeada de las edificaciones más importantes y representativas, sedes del gobierno de la ciudad; ésta se dota de edificios destinados a espectáculos públicos como teatro y anfiteatro; finalmente, también se consigue un abastecimiento constante de agua al finalizarse la construcción de un acueducto cuyo manantial se encuentra a varios kilómetros de distancia, lo que va a permitir el florecimiento de los centros termales, tan arraigados en las costumbres romanas. Por último, es muy posible que sea ahora cuando se acometa el soterramiento de las cloacas bajo el pavimento de las calles principales.

La frenética actividad edilicia que se desarrolló durante prácticamente todo el siglo I d. C. necesitó de un sistema eficaz de aprovisionamiento de material constructivo que cubriera las ingentes cantidades que las obras a gran escala en toda la ciudad estaban demandando. Será entonces cuando se comience la explotación intensiva de las canteras de caliza situadas escasamente a un kilómetro de Segóbriga, cuestión que será tratada más en profundidad en siguientes apartados.

Las excavaciones arqueológicas, la epigrafía aparecida en el transcurso de las mismas así como el estudio tipológico de los elementos estructurales conservados llevan a la conclusión de que prácticamente toda la remodelación urbanística, o al menos, la mayor parte de ella, estaba concluida a finales del siglo I o inicios del II d. C.

Durante el siglo II d. C. Segóbriga se consolida como principal ciudad administrativa de toda la Submeseta sur y continúa ejerciendo el papel de centro distribuidor de los productos mineros y agrícolas que se producen en su territorio. La actividad constructiva más importante de este periodo se concentra en una amplia zona al norte de la ciudad y extramuros de la misma que, hasta ese momento acogía una de las vías de acceso principales a la ciudad y albergaba un extenso recinto funerario. En esta área se inició la construcción de un tercer edificio público destinado a espectáculos ecuestres: el circo. Con cerca de 400 metros de longitud total y 83 metros de anchura, estas medidas vienen a ilustrar de manera clara las enormes dimensiones del proyecto constructivo. Durante las labores de preparación del terreno se desmanteló la necrópolis preexistente, cuyos materiales se amortizaron en el relleno de nivelación de este nuevo edificio. Hoy se sabe que nunca llegó a terminarse, pero las razones de esta demora no han podido esclarecerse aún mediante la técnica arqueológica.

El progresivo abandono de la explotación del complejo minero de lapis specularis, que durante tanto tiempo había impulsado de manera decisiva la economía segobrigense tuvo que tener serias repercusiones en la economía local. En cualquier caso, fueron numerosas las actividades artesanales de todo tipo que prosiguieron con su actividad laboral, hecho que ha sido constatado reiteradamente por la actividad arqueológica.

Todavía en el siglo III d. C. las magistraturas municipales continuaban desempeñando sus cargos, tal y como ha demostrado la epigrafía exhumada en las intervenciones arqueológicas realizadas en la plaza forense y edificaciones aledañas. Ya no se constata la realización de grandes obras públicas en la ciudad, pero eso no significa el cese de la actividad edilicia en Segóbriga, más bien una reducción cuantitativa si tenemos en cuenta lo realizado en los siglos anteriores. En efecto, algunos edificios de la ciudad son objeto de reparaciones puntuales en algunas de sus estructuras que presentaban desperfectos y las labores de mantenimiento son prácticamente continuas, como ocurre con los mosaicos de las termas monumentales.

Las reformas políticas y administrativas que tuvieron lugar durante el siglo IV d. C. especialmente

durante el mandato de Diocleciano, tuvieron un profundo efecto en todas las provincias de Hispania y sus consecuencias perdurarán a lo largo de los siglos. Estos cambios, sobre todo territoriales, vienen provocados por la sensible situación general del Imperio, con problemas de toda índole y condición, y significan una redistribución y reestructuración de las zonas de interés, áreas privilegiadas y redes de distribución y transporte que tendrán su reflejo en las ciudades.

Como consecuencia de todo ello, y debido a las enormes cargas impositivas que conllevaban, las magistraturas y cargos públicos ya no suponían un atractivo para las élites ciudadanas, las cuales buscaban librarse de su ejercicio a toda costa. Son habituales los abandonos de ciertas áreas urbanas, la destrucción de otras, cambios drásticos en la ocupación y en el uso de los espacios públicos y privados, así como la amortización y/o desmantelamiento de otras zonas con diferentes propósitos. En Segóbriga, espacios públicos como el foro, verán como su superficie se privatiza y se levantan sobre él un grupo de viviendas privadas, a menudo con materiales reutilizados de otras construcciones cercanas que son desmontadas en ese momento o que, sencillamente, el abandono había provocado su colapso. Otros edificios de carácter público como teatro y anfiteatro sufrirán la destrucción de parte de sus estructuras y la ocupación privada de su espacio. El camino hacia la ruralización ya no se detendría.

En época visigoda, a partir del siglo V, Segóbriga seguiría siendo una ciudad notable en el territorio y sus obispos acudieron a los concilios de Toledo entre los años 589 y 693, quedando testimonios escritos de su presencia en los mismos. De esta etapa data la construcción de la basílica situada a unos 500 metros hacia el Noreste de la ciudad romana, siguiendo la antigua calzada. En la construcción de este edificio, así como en las tumbas de la extensa necrópolis que la circunda, se reutilizaron gran cantidad de materiales provenientes de antiguas edificaciones de época romana.

La invasión islámica del territorio y su ocupación efectiva queda atestiguada por los restos de una torre de vigilancia o fortificación musulmana levantada en el punto más alto del cerro, con materiales reutilizados de épocas anteriores. En el lugar perviviría un pequeño núcleo poblacional que, tras la Reconquista, se desplazaría hasta el actual pueblo de Saelices en busca del manantial del antiguo acueducto que abasteció durante siglos a la Segóbriga romana.

No acabaron aquí las vicisitudes de Segóbriga, pues los restos de sus edificios sufrieron el expolio constante durante buena parte de la Edad Media, de aquellos que acudían en busca de materiales constructivos que pudieran ser reutilizados en las edificaciones de las poblaciones cercanas. Las iglesias parroquiales de Saelices y otros municipios, así como un buen número de las casas de sus habitantes pero, sobre todo, el convento de la cercana localidad de Uclés, por sus dimensiones, se nutrieron del expolio sobre la semienterrada ciudad romana, al precisar de gran cantidad de material de construcción con el que ejecutar sus edificaciones.

Finalmente, llegaría incluso el olvido de su nombre, que no de su ubicación, pues siempre se supo que el cerro Cabeza de Griego albergaba las ruinas de una importante ciudad, quedando reflejado en las diferentes crónicas e informes que realizaron diversos eruditos a partir del siglo XVII. La polémica sobre la asignación del nombre de Segóbriga a un lugar u otros que se disputaban su titularidad se alargaría hasta bien entrado el siglo XX.

Recursos constructivos del entorno segobrigense

La ubicación definitiva de una ciudad en época romana era un asunto extremadamente complejo en el que se debían tener en cuenta múltiples factores antes de determinar su localización final. Aspectos como una cómoda accesibilidad y cercanía a vías de comunicación, la fertilidad de las tierras circundantes para su puesta en cultivo y labores de pastoreo; un medio ambiente favorable; la calidad y abundancia de agua, aun cuando el manantial de donde se capte esté relativamente alejado y sea necesario realizar obras de ingeniería para canalizarla hasta el núcleo urbano; una topografía aprovechable y la facilidad de su defensa frente a posibles peligros, son estudiados detalladamente antes de decidir el asentamiento final. A la misma altura y con la misma importancia que los aspectos anteriores se encuentra la diversidad y calidad de materias primas disponibles: áridos, gravas y cantos rodados son utilizados en la fabricación de hormigones; madera para la obtención de vigas, tablones, andamios, puertas o ventanas, pero también

para labores artesanales como la fabricación de muebles y otros objetos decorativos; por último, pero no por ello menos importante, la existencia de una piedra de calidad, fácilmente explotable, con la que levantar las construcciones más importantes y representativas.

A poco que se conozca Segóbriga y su territorio, queda patente que su ubicación no se debió al mero azar o a una decisión peregrina, sino que respondió con perfección a lo anteriormente planteado. Efectivamente, un vistazo a su entorno más inmediato lleva a la constatación de que gran parte de las premisas planteadas, si no todas, son resueltas de manera satisfactoria: madera en abundancia hacia el sur, áridos a lo largo de toda la vega del río Cigüela, suelos arcillosos en casi todo su territorio y afloramientos rocosos de diferentes variedades litológicas salpicados por los alrededores. Factores como estos condicionaron la elección del establecimiento urbano en el lugar que finalmente ocupó y no en ningún otro.

La suerte ha querido que, aunque han transcurrido más de dos milenios desde el establecimiento de la civilización romana en las tierras conquenses, no solamente las ruinas de lo que fue una ciudad territorialmente importante como Segóbriga se hayan conservado en un estado más que aceptable de conservación; también el territorio circundante de esta ciudad se ha conservado casi intacto desde entonces, libre de construcciones modernas.

Se desconoce la naturaleza de las primeras construcciones estables con las que contó la ciudad, pero todo hace suponer que, por la naturaleza del terreno y la estancia prolongada en un mismo recinto, sería aconsejable una edificación sólida y duradera. Por ello Segóbriga necesitó un aprovisionamiento constante de piedra para construcción prácticamente desde el inicio de su existencia. Con toda probabilidad, en estos momentos se procedería a una recogida natural, superficial y selectiva sobre el terreno de aquellos bloques sueltos susceptibles de ser empleados directamente en obra, sin apenas modificaciones, bien como sillarejo o como simple mampuesto e, incluso, para su calcinación, con el fin de obtener cal. Las excavaciones realizadas en la parte occidental del foro segobrigense pusieron al descubierto restos de edificaciones de época preaugustea formadas por un zócalo de mampostería sobre el que se elevaba el muro mediante fábrica de adobe o tapial. Este sistema constructivo sería el predominante en esta zona y en esta época a juzgar por los paralelos aparecidos en otras ciudades romanas con la misma cronología como Ercávica o Valeria.

La política de promoción municipal llevada a cabo en época Augusto, y de la que Segóbriga se benefició con la adquisición del rango municipal, trajo consigo un ambicioso programa constructivo que transformaría completamente la antigua fisonomía de la ciudad mediante la construcción de nuevos espacios y edificios tanto públicos como privados, pero siempre dotados de una monumental arquitectura de calidad. Las estructuras republicanas serían desmanteladas y arrasadas para dejar espacio a las nuevas construcciones o quedarían amortizadas por éstas. La puesta en marcha de este nuevo proyecto constructivo de comienzos del siglo I de nuestra era supuso necesariamente un gran esfuerzo de planificación previa con el objetivo de disponer de todo tipo de materiales constructivos que la ejecución de los trabajos requiriese. Y entre esta planificación indispensable, el aprovisionamiento continuado de bloques pétreos sería uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta, ya que de ello dependería la ejecución de las obras en un plazo de tiempo determinado como, al parecer, era el caso.

Existen varios afloramientos calizos en un entorno muy cercano a la ciudad romana de Segóbriga susceptibles de haber sido explotados para la obtención de material constructivo. El más cercano de estos lugares se encuentra en el flanco sur del propio cerro Cabeza de Griego donde la roca aflora masivamente en forma de potente frente de varios metros de longitud y de altura, en una posición casi vertical. Actualmente la zona esta habilitada como lugar de recreo. La intervención arqueológica llevada a cabo en ese lugar en 1998–2000 exhumó varios sillares perfectamente escuadrados no pudiéndose precisar con seguridad su procedencia. Tampoco se han observado huellas claras del uso de herramientas de extracción en el frente rocoso.

En el paraje conocido como La Pinilla, a dos kilómetros del yacimiento arqueológico aparecen unas elevaciones calizas continuas, de escasa entidad. Algunos frentes se presentan totalmente verticales y otros aparecen con forma escalonada, pero no se han encontrado señales claras que indiquen extracción alguna. Durante las labores de supervisión arqueológica llevadas a cabo en 1998–2000 con motivo de la mejora y ampliación de la carretera CM-310, en este

mismo lugar se descubrieron, junto a los frentes calizos mencionados, restos de estructuras constructivas así como un tramo de calzada junto a éstas.

Además de las rocas calizas, en Segóbriga se utilizaron otro tipo de rocas, atendiendo a una serie de cualidades específicas de las que las calizas carecían. Este es el caso de las rocas areniscas que, debido a sus propiedades termorefractarias, fue profusamente utilizada en las instalaciones termales, tal y como se puede apreciar en la zona de hornos de las Termas Monumentales. El entorno segobrigense también pudo proveer a la ciudad romana de rocas areniscas, pues existen afloramientos de este tipo de piedra a escasos kilómetros hacia el este del núcleo urbano.

Llegados a este punto, considero necesario hacer mención especial al hecho de que algunos edificios con que se dotó la ciudad de Segóbriga durante el proceso de monumentalización del siglo I, pudieron autoabastecerse, si no de manera total, al menos sí parcialmente, de material pétreo de calidad con fines constructivos. Me estoy refiriendo concretamente al teatro y anfiteatro. En la construcción de ambos edificios se aprovechó el lecho rocoso calizo del cerro para apoyar buena parte de su estructura. En el caso del teatro, la totalidad de la orchestra, así como la ima y la media cavea, fueron labradas directamente en la roca del cerro. En lo referente a la construcción del anfiteatro, se aprovechó la roca del subsuelo para labrar en ella buena parte de la mitad inferior del lado sur, así como un tramo escalonado del acceso oeste. Este peculiar modo de economizar material y tiempo en la construcción de unos edificios tan representativos en todas las ciudades romanas, pudo aprovechar el proceso de excavación de los graderíos, la gran potencia del banco calizo, de más de una decena de metros, sin fisuraciones importantes y de una calidad constructiva muy aceptable, así como valerse de la forma escalonada que debían darle para acoger el graderío, para extraer bloques de piedra que serían utilizados posteriormente en otras partes de la misma o de otra construcción. Todo ello no ha sido comprobado directamente sobre los edificios citados, pero existen pruebas muy claras de que este procedimiento descrito arriba, fue utilizado en la construcción de este tipo de edificios públicos en otras ciudades.[3]

Sin embargo, si los lugares citados en los párrafos anteriores ofrecen dudas sobre la explotación de su potencial rocoso con fines constructivos, no ocurre lo

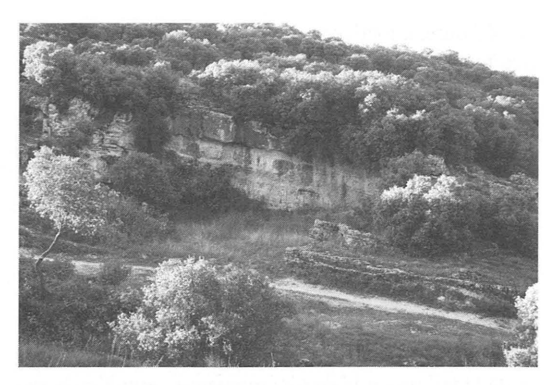


Figura 2
Vista de uno de los frentes de la zona de canteras desde el Templo de Diana. A ambos lados de la calzada que aparece en la parte inferior se abren los distintos frentes de los que se extrajeron los bloques de piedra. Archivo propio

mismo con los frentes calizos abiertos en la sierra de Santa Quiteria, localizados a apenas un kilómetro y medio hacia el suroeste de Segóbriga, a ambos lados del actual camino rural, antigua calzada romana, que se dirige a la cercana localidad de Puebla de Almenara.

Características como la buena calidad del material de que están compuestos los potentes bancos calizos, prácticamente sin impurezas y poco diaclasados; las numerosas huellas de actividades extractivas que se conservan en la roca; la presencia de diversos frentes de explotación, algunos de ellos completamente agotados; una geomorfología del terreno que facilita la explotación de los estratos rocosos; asimismo, la existencia de una calzada que discurre al pie de las explotaciones, dando solución al acarreo del material hasta el lugar de obra, son sólo algunos indicios que apuntan a estas canteras calizas como el principal área productiva de piedra como material constructivo del que se nutrió la ciudad romana de Segóbriga a lo largo de su existencia.

Desde el punto de vista de la Geología, la roca que compone los estratos está formada por una dolomía calcárea microesparita, de grano fino o muy fino, no recristalizada. Presenta un aspecto uniforme y compacto, ofreciendo una gama de tonalidades que van de las amarillentas a las ocres con variaciones en intensidad, apareciendo en ocasiones algunas vetas rosadas cristalizadas. La roca no es demasiado abrasi-

va, de dureza media y poco tenaz, lo que le confiere una buena labrabilidad, siendo muy adecuada para la realización de cualquier tipo de pieza, permitiendo todo tipo de talla ornamental e, incluso, admitiendo trabajos escultóricos de detalle, teniendo ejemplos de todo ello en los restos exhumados en Segóbriga y sus alrededores a lo largo de las campañas de excavación arqueológica llevadas a cabo en el yacimiento.

La puesta en explotación de las canteras

No es fácil precisar en qué momento comienza la explotación sistemática de los frentes calizos de la sierra de Santa Quiteria pues, hasta el momento, no se han realizados estudios precisos sobre el terreno, a excepción de alguna intervención arqueológica puntual en la zona del llamado Templo de Diana, cuyos resultados no han sido publicados todavía. En principio, parece lógico relacionar el inicio de la explotación de estas canteras con la puesta en marcha del programa de remodelación y monumentalización de una parte del entramado urbano segobrigense que, como se ha apuntado anteriormente, comienza en época augustea y se extenderá a lo largo de buena parte del siglo I. Es más, la viabilidad misma del enorme proyecto monumentalizador dependía en buena medida de la existencia de unas explotaciones que permitiesen un abastecimiento rápido y continuado de material constructivo, y este aspecto hubo de ser tenido en cuenta por los arquitectos planificadores o los jefes de obra antes de que los trabajos diesen comienzo, lo que nos lleva a pensar en la posibilidad de que la puesta en explotación de los frentes de cantera fue, quizás, una parte más del mismo proyecto de reestructuración urbana.

Una vez reconocida y comprobada la calidad del material rocoso, aceptada su idoneidad como material constructivo por los arquitectos o constructores romanos, así como calculado su potencial extractivo, se procedía a la puesta en explotación del banco rocoso. El primer paso era realizar un desmonte previo, con la retirada de la cobertera superficial o manto de cantera, para así dejar al despejado el límite superior horizontal del banco rocoso explotable. En el caso que nos ocupa, hay que desechar como aprovechable la capa superior del banco rocoso más próxima a la superficie, debido a la alteración que presenta producida por las infiltraciones vegetales, la acción de la intemperie o a fenómenos de disolución por agua de escorrentía pero, no obstante, no se trata de una parte improductiva de la cantera, ya que esta capa puede ser utilizada para la producción de sillarejo, mampuestos o dispuesta como empedrado de una calzada.

Una vez descubierta la masa rocosa aprovechable, es cuando da comienzo propiamente la explotación de la cantera. Cuando existe la posibilidad de aprovechar fisuras y juntas de estratificación natural que delimitan volúmenes de piedra adecuados a las necesidades requeridas, o susceptibles de ser divididos por medios manuales al pie de la explotación en unidades menores de más fácil manejo y transporte, basta con la introducción de cuñas y la ayuda de palancas para despegar el bloque.

El procedimiento era más complejo y laborioso cuando no se daban las circunstancias naturales anteriormente mencionadas. Se procedía entonces a la realización, mediante el uso del pico, de surcos o ranuras preparatorias que delimitaban lateralmente volúmenes con las dimensiones aproximadas que se requerían. A estas ranuras se les daba la misma profundidad que la altura que se deseaba tuvieran los bloques. Tras las ranuras laterales, una tercera realizada exactamente de la misma manera que aquéllas venía a delimitar la cara posterior. En este punto del proceso, el bloque sólo estaba totalmente unido al banco rocoso por su cara inferior. Para llegar a despegarlo por completo se procedía a practicar una cuarta ranura más, que señalaba la dimensión inferior. En este caso, ante la dificultad de practicar una línea de rotura profunda en sentido horizontal, bastaba con esbozarla y realizar en intervalos regulares unas muescas destinadas a alojar las cuñas que, mediante golpeo en el caso de las metálicas o por hinchamiento mediante hidratación, en el caso de que se empleasen de madera, permitirían despegar totalmente el bloque de la masa rocosa.

Las dos formas de extracción apuntadas no son excluyentes entre sí, y son infinidad las canteras repartidas por todos los rincones del imperio romano que presentan un sistema de explotación que ha alternado a un mismo tiempo ambos procedimientos en una misma explotación.

Toda esta labor, prolongada e intensa durante un determinado periodo de tiempo, ha dejado en la roca de los diversos frentes conservados multitud de huellas de extracción. Las más numerosas son las realizadas con el pico durante el proceso de rea-

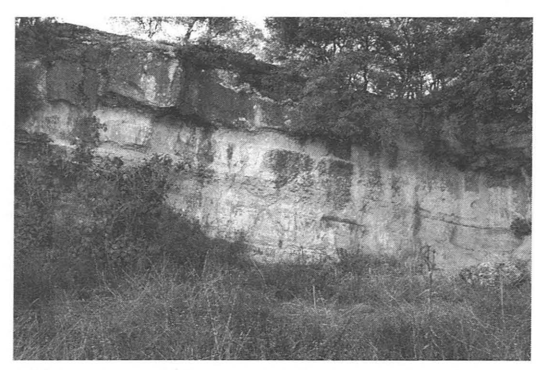


Figura 3
Imagen de uno de los frentes de extracción ya agotados. En la parte central de la imagen se pueden apreciar las huellas dejadas por el pico durante el proceso de extracción. Las dimensiones de los bloques extraídos estaban determinadas por las juntas de estratificación. Archivo propio

lización de la incisión posterior del bloque. Se trata de surcos curvos que reflejan la postura de golpeo y la dirección de avance del operario cuando trabajaba con el pico. El estudio y análisis de este tipo de marcas dejadas en la roca nos permite, por un lado, vislumbrar el método de trabajo y la estrategia de explotación empleada en cada uno de los frentes. Así, sabemos que en Segóbriga la explotación de los frentes se llevaba a cabo en hiladas o gradas de dimensiones muy homogéneas y trabajadas en direcciones opuestas alternativamente; es decir, si una hilada era atacada con el pico de derecha a izquierda, la siguiente hilada o inferior se desmantelaba de izquierda a derecha y así sucesivamente hasta agotar el frente.

Por otro lado, las dimensiones que presentan las hiladas en base a las huellas dejadas en el frente por la herramienta de trabajo utilizada pueden permitirnos relacionar las dimensiones de los sillares extraídos y su ubicación definitiva en obra. De este modo, por ejemplo, se sabe que el enlosado del foro pertenece a una misma fase constructiva y, por las dimensiones de las losas, especialmente el grosor, muy uniforme en todas ellas, es muy posible que también provengan de un mismo estrato, quizás aprovechando una fisura o línea de rotura natural de la roca. Algo parecido se podría apuntar respecto a las losas de pavimento que presentan algunas calles de Segóbriga y que se han conservado en su ubicación original en algunas zonas cercanas al foro y al complejo de termas monumentales, algunas de estas losas conservan incluso con el surco de desgaste provocado por el paso sucesivo de los carros.

Por regla general, la extracción de bloques se llevaba a cabo en hiladas o gradas, que eran desmanteladas progresivamente en sentido descendente y vertical, quedando una escarpada pared como resultado del aprovechamiento total del banco rocoso. Llegados a este punto, se podía optar por la reapertura sistemática del mismo frente, repitiendo una y otra vez el proceso descrito de explotación en gradas, lo que alejaba cada vez más el punto de extracción del lugar de carga y transporte o, por el contrario, se podía abrir un nuevo frente contiguo al ya agotado e iniciar otro punto de explotación, facilitando la evacuación del material extraído al quedar el punto de extracción muy cercano a la calzada por la que se transportaba el material. En el caso que nos ocupa, la presencia de una calzada que discurre entre los frentes de cantera en explotación, así como la geomorfología específica del lugar, con numerosos y continuados desniveles que permiten el afloramiento de las masas calizas a lo largo de prolongados trechos, a van a ser condicionantes importantes para determinar cuál de las dos opciones va a ser puesta en práctica.

En Segóbriga se pueden constatar al menos la existencia de siete frentes de cantera muy seguidos, casi consecutivos, a ambos lados de la calzada y con un grado de explotación variable en cada caso. Debido a la presencia continuada de frentes de explotación abiertos, se puede deducir que cuando el nivel de extracción de bloques alcanzaba una cota inferior a la que tiene la calzada que sirve de vía de evacuación y transporte, el frente de cantera se dejaba por agotado y se procedía a la apertura de un nuevo frente a continuación, ya que resultaba más rentable abrir un nuevo frente contiguo al anterior que realizar el esfuerzo de tener que elevar los bloques para alcanzar el nivel de la vía y proceder a su transporte.

Aunque al hablar de cantera ésta se suele asociar únicamente al lugar de extracción, hay que decir que en la mayoría de las canteras de época romana asociadas a municipios de cierta entidad y que han sido objeto de una investigación más completa y rigurosa, la obtención de bloques constituía una labor inte-

grada en un conjunto más amplio de actividades. Igualmente, el frente de cantera constituía, por regla general, un ámbito de trabajo concreto y diferenciado junto al que existían otras estancias y dependencias en las que se realizaban trabajos complementarios al de extracción de bloques de piedra. En efecto, los bloques extraídos de la cantera no se ajustaban a las dimensiones requeridas en obra sino que, muchas veces eran ligeramente mayores para prevenir posibles desperfectos y pérdida de material durante el transporte. Otras veces, los bloques estaban destinados a ser divididos en volúmenes más pequeños. Aunque los trabajos de escuadrado de los sillares y afinado de superficies se realizaban habitualmente a pie de obra, y eso es algo que está atestiguado también en Segóbriga, en no pocas ocasiones los bloques recibían un primer tratamiento junto al lugar de extracción, como podían ser las cinceladuras periféricas que delimitaban los paramentos o la forma cilíndrica en el caso de tambores o fustes de columna, por lo que en muchos complejos de extracción de material pétreo debía existir un lugar acondicionado para tal efecto.

También hay que tener en cuenta que la roca caliza en el momento de ser extraída en bloques del frente de cantera presenta una humedad natural, llamada agua de cantera, que dificulta sus aptitudes para la labra hasta que esta humedad, por efecto de la intemperie, ha desaparecido por completo. De este fenómeno ya tenían conocimiento los canteros y constructores de época romana, tal y como se desprende de las observaciones apuntadas por Vitruvio en sus obras. Este proceso de secado requiere un tiempo prolongado de almacenamiento y, como es lógico, también un lugar de depósito de los bloques que, por motivos de espacio, no se encontraría siempre a pie de obra ya que, en el caso de grandes remodelaciones urbanas, supondría un inconveniente tanto para el libre tránsito de materiales como para la circulación de personas. Sería más lógico pensar que este lugar, donde eran depositados los bloques hasta alcanzar unas cualidades óptimas para su utilización en obra o su preparación y procesamiento definitivo en el taller, se encontrara en las inmediaciones del foco extractivo.

Otra de las imágenes arquetípicas que se tienen de las canteras no sólo en la Antigüedad, sino a lo largo de todas las épocas históricas, es la que muestra estos lugares como productores exclusivos de bloques paralelepípedos, olvidando u obviando que la arquitectura romana no sólo se componía de sillares o piezas más elaboradas, como capiteles o cornisas, realizadas a partir de bloques cúbicos, sino que la diversidad morfológica de los bloques extraídos era bastante diversificada. En Segóbriga se sabe con certeza que, si no la totalidad, al menos la mayor parte de las basas, fustes y capiteles que constituían los pórticos de la gran plaza forense fueron extraídos de las canteras a las que venimos haciendo referencia en este trabajo. Los tambores de columna que constituían los fustes eran extraídos ya con su forma cilíndrica de la cantera y sólo a pie de obra la pieza recibía el acabado definitivo.

Las canteras de Segóbriga no sólo suministraron material pétreo para las obras arquitectónicas que se realizaban en la ciudad. La producción de estelas funerarias con una decoración característica de la zona debió tener una cierta importancia, según se puede deducir del estudio de dispersión de las mismas, que abarca todo el territorio segobrigense. Igualmente, la producción de pedestales para estatuas o grupos escultóricos también demandaba bloques de piedra con los que realizarlos. Sólo en el foro, en base al número de pedestales conservados in situ, a los restos fragmentarios recuperados durante las campañas de excavación arqueológica, así como a las huellas conservadas en el empedrado de muchos otros que se han perdido, se llegan a contabilizar varias decenas.

La actividad extractiva de las canteras, para llegar a tener un funcionamiento óptimo, precisaba de la participación y cooperación de otras actividades laborales. Las herramientas metálicas usadas en la extracción y primeras fases de labra de bloques de piedra suelen enromarse fácilmente tras un uso prolongado, por lo que resultaría necesaria en toda cantera con un volumen de trabajo moderado, como en el caso segobrigense, instalaciones de herreros y forjas que reparasen las partes estropeadas o gastadas sin que la actividad cesase. Desgraciadamente, las huellas de estas actividades son difícilmente localizables, debido a que generalmente se hallan sepultadas por los escombros generados por la propia actividad extractiva, y sólo un trabajo exhaustivo de prospección en la zona de los frentes de cantera podría arrojar algo de luz al respecto. Algo parecido podría apuntarse respecto a los arrieros y carreteros, que propiciaban una evacuación constante de los bloques de la cantera y asegura-

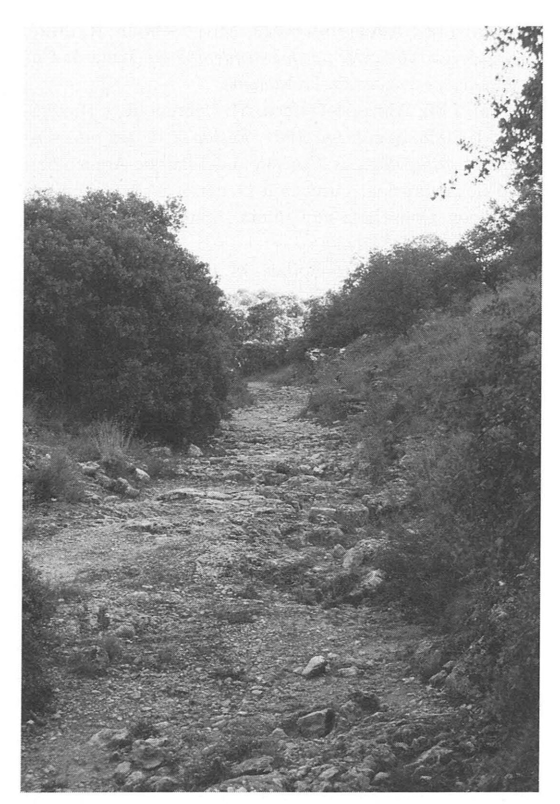


Figura 4
Imagen del tramo de calzada a su paso por la zona de las canteras. En algunos puntos se conserva parte del empedrado, así como surcos de rodadura producidos por el paso constante de los carros por el mismo lugar. Archivo propio



Figura 5
Detalle de uno de los motivos esculpidos sobre uno de los frentes de extracción ya agotado y abandonado. Archivo propio

ban un abastecimiento continuado de material para los constructores. En este caso, las rodadas de los carros han excavado profundos surcos en algunos tramos de la calzada que se dirigía a Segóbriga, que son fieles testigos del intenso trasiego de vehículos que tuvo que soportar la zona. A un lado de esa misma calzada, y a un centenar de metros de los frentes de cantera, en dirección a Segóbriga, se conserva un pozo excavado en la roca, con restos de su brocal original, que estaría destinado al suministro de agua tanto para las personas como para las bestias que empujaban los carros.

Con la finalización del programa constructivo llevado a cabo en Segóbriga y que abarcó buena parte del siglo I, la actividad de las canteras debió verse disminuida considerablemente. Algunas actividades siguieron demandando piedra para la producción de objetos secundarios, como en el caso de alguna officina lapidaria cuya elaboración de estelas con un motivo decorativo muy característico a base de series de arcos, alcanza durante el siglo II una producción notable, a juzgar por la difusión de sus productos. Será también durante ese siglo cuando se acometa la construcción del circo segobrigense, edificio monumental en sus dimensiones que, aunque no se llegó a terminar, necesitó de un acopio de bloques de piedra, por lo que se hubo de mantener algún frente de extracción activo en las cercanas canteras. Será a lo largo de los siglos III y IV cuando se produzca un abandono progresivo hasta llegar al cese definitivo de la explotación sistemática de las canteras segobrigenses.

El cese de la explotación de las canteras no significó en absoluto que el lugar fuese abandonado por completo, y en algunos frentes de cantera, unos abandonados y otros ya agotados, se encuentran evidencias de que el lugar hubo de ser frecuentado en esos siglos con cierta asiduidad, aunque ya no con fines extractivos, como lo prueban algunos rostros, motivos decorativos y otras marcas esculpidas en las paredes rocosas, una vez hubo terminado su explotación. Sin duda, el lugar tuvo que adquirir cierta entidad mágico-religiosa y sobre un antiguo frente de cantera se emplazó un pequeño santuario rupestre dedicado a la diosa Diana, tal y como demuestran los paneles esculpidos en la roca.

Notas

1. Las excavaciones arqueológicas llevadas a cabo hasta la fecha no han evidenciado una ocupación celtibérica del cerro Cabeza de Griego, más allá de una decena de fragmentos cerámicos.
2. Un pedestal nos recuerda el papel de director de obra durante la construcción del teatro de Manio Octavio Novato, un personaje de rango senatorial. Un tal Proculo Spantamico sufragó con su dinero el coste de enlosado de la plaza forense y lo reflejó en una larga inscripción con letras de bronce sobre las mismas losas.
3. En el macizo rocoso sobre el que se apoya la cimentación y parte de la estructura del teatro de Metellinum (Medellín, Badajoz) se conservan aún las huellas de extracción de varios sillares, así como otros bloques abandonados en mitad del proceso de extracción.

Lista de referencias

Abascal, J.M. 1992. «Una oficina lapidaria en Segóbriga. El taller de las series de arcos». *Hispania Antiqua,* 16: 309–343.

Abascal, J.M.; Almagro-Gorbea, M. y Cebrián, R. 2007. *Segóbriga. Guía del parque arqueológico*. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.

Abascal, J.M.; Almagro-Gorbea, M; Cebrián, R. y Hortelano, I. 2008. *Segóbriga 2007. Resumen de las intervenciones arqueológicas*. Consorcio del Parque Arqueológico de Segóbriga. Dirección General de Patrimonio y Museos. Consejería de Cultura. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.

Abascal, J.M.; Almagro-Gorbea, M; Cebrián, R. y Hortelano, I. 2009. *Segóbriga 2008. Resumen de las intervenciones arqueológicas*. Consorcio del Parque Arqueológico de Segóbriga. Dirección General de Patrimonio Cultural. Consejería de Cultura, Turismo y Artesanía. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.

Adam, Jean-Pierre. [1989] 1996. *La construcción romana, materiales y técnicas*. Editorial de los Oficios.

Almagro-Gorbea, M. y Abascal, J. M. 1999. *Segóbriga y su conjunto arqueológico*. Real Academia de la Historia.

Choisy, Auguste. [1873] 1999. *El arte de construir en Roma*. Instituto Juan de Herrera. CEHOPU. CEDEX.

Instituto Tecnológico Geominero de España. 1999. *Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Hoja 633. Palomares del Campo*. Ministerio de Medio Ambiente.

Vitruvio Polión, M. [1787] 2001. Los Diez Libros de Arquitectura. Edic. Akal.

Cinematismo de colapso de las cúpulas elípticas: el caso de San Giuseppe en Voghera (s. V, Italia)

Stefano Bagliani

La presente contribución toma ocasión de estudios y búsquedas conducidas por el Dipartimento di Scienze per l'Architettura (D.S.A.) dell'Università degli Studi di Genova, en el ámbito de la historia de la ciencia y las técnicas constructivas, profundizando en particular temáticas relativas a la estática y a la estabilidad de las construcciones abovedadas en albañilería, sean ellas arcos, bóvedas, cúpulas; entre estas últimas un particular filón de búsqueda concierne las cúpulas elípticas, el funcionamiento estático y su mecanismo de colapso.

Las cúpulas elípticas en la historia de la arquitectura

Los poderosos calotas con el extrados y intradós paraleli, nacidos por la cultura del Renacimiento fueron el emblema de un universo cerrado y estático, si confrontadas con las creaciones arquitectónicas de la época barroca, índice de un mundo dinámico, que nace de los fermentos en *nuce* del Manierismo después de que la cultura humanística agotó su propia vitalidad. El barroco es el momento en que la armonía estática del espacio renacentista es turbada y se desarrolla, por contra, un fuerte interés por el movimiento y por el contraste, junto a una nueva concepción del espacio: el edificio, en lugar de ser formado por elementos plásticos, se desarrolla a través de elementos espaciales interactivos, modelados segundo un enredo de fuerzas y direcciones que se desarrollan según los conceptos de centro, recorrido, extensión.

La arquitectura del período barroco toma ocasión de la síntesis que ocurre entre dos esquemas planimétricos difusos en el Quinienta: uno estaba legado a los dictámenes de la Iglesia de la Contrarreforma, que prefirió esquemas a planta basilical ya que daba máxima importancia al movimiento longitudinal, interpretado como símbolo del camino del pueblo hacia Dios: el eje vertical, pues, representó un recorrido ideal que acompañó el espíritu del hombre a la unión con Dios, a menudo subrayada por grupos escultóreos sitios cerca del Altar Mayor o en el transepto, y que representaban extasias de Santos, como en el caso del *Éxtasis de Santa Teresa de Ávila* (1647–1652), escultura en mármol y bronce dorado en la iglesia de Santa Maria della Vittoria, en Roma, y es una obra maestra de Gian Lorenzo Bernini, encargado por el cardenal Federico Cornaro que le confió la realización de la capilla funeraria de su familia en el transepto izquierdo de la iglesia. La estatua, símbolo de la espiritualidad y la teatralidad del período Barroco, que son también en la arquitectura de la época, está directamente inspirado en un famoso pasaje de los escritos de la santa:

> Un giorno mi apparve un angelo bello oltre ogni misura. Vidi nella sua mano una lunga lancia alla cui estremità sembrava esserci una punta di fuoco. Questa parve colpirmi più volte nel cuore, tanto da penetrare dentro di me. Il dolore era così reale che gemetti più volte ad alta voce, però era tanto dolce che non potevo desiderare di

esserne liberata. Nessuna gioia terrena può dare un simile appagamento. Quando l'angelo estrasse la sua lancia, rimasi con un grande amore per Dio (Santa Teresa d'Avila, Autobiografia, XXIX, 13).

Junto al esquema tradicional de la basílica por las iglesias mayores, que se desarrolla alrededor de un centro catalizador, o sea el cruce de las naves subrayado por una cobertura a cúpula, se difunden iglesias más pequeñas y capillas con soluciones a planta central, favorecida por los teóricos de la arquitectura en virtud de su forma perfecta. Durante el Seiscientos estos dos esquemas tienden a unirse: las iglesias más grandes se convierten en edificios a eje longitudinal centralizado mientras aquellas más pequeñas tienden a desarrollarse según una planta central alargada según un eje preferencial. Ambos los casos satisfacen la exigencia de un sistema espacial más extenso, más dinámico, proyectado hacia la comunión con el Divino que necesariamente se realiza en la zona presbiterial, y ambas las situaciones necesitan coberturas con cúpulas a planta elíptica que contestan a la necesidad de bovedar espacios con un eje de desarrollo preferencial.

Ya durante el Quinienta comparecen los primeros proyectos con esquemas centralizados y longitudinales aunados por instalaciones de cobertura elíptica, como en los proyectos de Jacopo Barozzi da Vignola (1507–1573) —lo primero a utilizar la elipse por coberturas a cúpula a Sant'Andrea en Calle Flaminia (1550)— de Baldassarre Peruzzi (1481–1536) y de Sebastiano Serlio (1475–1554); se acuerda la iglesia romana de San Giacomo de los Incurables, planeada por Francesco Capriani da Volterra (?–1588), en el 1590 y completada por Carlo Maderno (1556–1629) entre el 1595 y el 1600; el excepcional oval del Santuario de Vicoforte de Mondovì (Ascanio Vitozzi e Franscesco Gallo, 1596–1733). El sistema elíptico encontrará su máxima consagración en el lleno florecer del barroco romano, con las obras de Gian Lorenzo Bernini (1598–1680) y Francesco Borromini (1599–1667), hasta las excelentes soluciones de Guarino Guarini (1624–1683). Todavía en los siglos XVII y XVIII la cúpula elíptica será un elemento constitutivo fundamental de la arquitectura religiosa, en su fusión de movimiento y concentración, linealidad e irradiación, alrededor del que a menudo se articulan organismos complejos.

Volviendo a la época barroca, representativa de esta nueva tendencia es la iglesia de Sant'Andrea al Quirinale de Bernini (1658–1678): una elipse transversal, cruzada por un eje longitudinal que es definido de una entrada imponente y de un presbiterio otro tanto importante. En lugar de usar el eje mayor de la elipse para conseguir un fácil eje longitudinal, Bernini introdujo una tensión marcada entre las direcciones principales: la planta revela que la importancia espacial del eje que las cruzas es neutralizada por el hecho que ello acaba contra sólidos pilares en lugar de dilatarse en capillas. Así el movimiento es parado y se perciben, en lugar de un conflicto de direcciones, dos «estrellas» radiantes que acompañan el movimiento principal de la entrada al Altar Mayor. También y todavia más es Borromini que hizo del espacio el elemento constitutivo de la arquitectura: en la iglesia de San Carlino a las Cuatro Fuentes (1638–1641), a Roma, el espacio es entendido como «unidad» que puede ser articulada, pero no descompuesta en elementos independientes, dada por la tradicional elipse longitudinal unida a un esquema a cruz griega ampliada: las dos elementos son mezclados antes que combinadas —rechazando el principio clásico basado sobre el planeamiento modular, según multiplicaciones y divisiones de fundamentales unidades aritméticas— y dan vida a un cuerpo biaxial.

La idea del Borromini de volver el espacio el elemento constitutivo en arquitectura es retomada por el Guarini, que empleó sistemáticamente «unidades» organizadas según el desarrollo de grupos espaciales abiertos. La Capilla del Sagrado Sudario (a la final del siglo XVII), la iglesia de San Lorenzo a Turín (1668–1687), son el resultado de una composición hecha de compenetraciones geométricas en las que en un primer momento formas redondeadas, cilindros

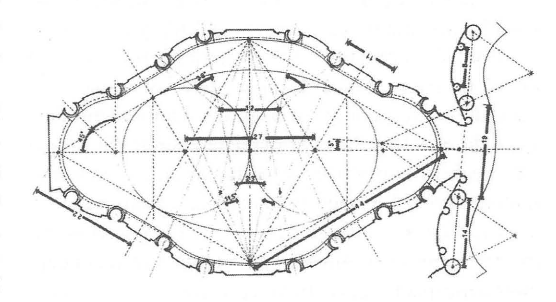


Figura. 1
F. Borromini, la planta de la iglesia de San Carlino a las Cuatro Fuentes (1638–1641), a Roma

de sección circular o elíptica, se intersecan entre ellos determinando cumbres y movimiento de paredes, que se desarrollan luego en las bóvedas en un análogo enredo de formas parecidas a esfera y elipse.

Origen y sentido de la forma elíptica

El concepto de construcciones arquitectónicas derivadas por formas planimétricas elípticas con cobertura constituida por sistemas de bóvedas o cúpulas de forma elíptica aparece sólo a la mitad del Quinienta. No se encuentran en la antigüedad clásica y romana, y tampoco en los desarrollos bizantinos y medioevales, ejemplos que señalen a este problema: el arte romano no pudo admitir la no simetria consiguiente de un parecido sistema arquitectónico, ni por otro lado la práctica constructiva fundada sobre procedimientos elementales simples pudo afrontar en sus exordios los problemas constructivos que esta forma requiere en realizar superficies y empalmes de superficies geométricamente complejas.

En efecto, las cúpulas elípticas tienen una forma geométrica caracterizada por una simetría bidireccional jerarquizada, que influye sensiblemente sobre la determinación del estado de apremio transmitida al tambor de impuesto y a la albañilería de abajo, por la no uniformidad de la transmisión de los esfuerzos; los esfuerzos horizontales son variables y, si no vienen contrastados de oportunos presidios estáticos, pueden en serio poner en sufrimiento la estructura, especialmente en correspondencia del eje mayor de la elipsis dónde generalmente la cúpula es caracterizada por una curva de intradós sensiblemente rebajada.

Forma estudiada y realizada a partir del siglo XVI, la primera realización constructiva de una cobertura elíptica estuvo en Roma, como ya mencionado, en la iglesia de Sant'Andrea de Via Flaminia cuyo proyecto fue encargado por Papa Giulio III (1487–1555) al Vignola, el que por primero aplicó el nuevo tema a un edificio aislado, que no fuese sólo una capilla o una exedra; sorprende en el rígido artista la solución valiente de plantar la cúpula elíptica sobre el rectángulo, empalmando las curvas de las cuatro elipsis de guía con penachos, alternando tan atrevidamente la derivación clásica del tema.

Sin embargo, la forma elíptica también conoce a detractores, especie cuando es aplicada a edificios cuyo eje mayor es paralelo a la entrada: si la forma elíptica permite al ojo de percibir todo el espacio interior del edificio, está pero contra razón poner la elipse en sentido transversal, así que la entrada sea en el lado mayor, y por consiguiente abierto sobre el eje menor de la cúpula no permitiendo abrazar idealmente todo el rebalse. Además, la elípse no permite un desarrollo armonioso acuerdo de partes, los pilares se diferencian por la ubicación, el tamaño, la ornamentación, los espacios no han ordenada correspondencia, los arcos por encima de los pilares tienen diferentes inclinación y curvatura. La cúpula se muestra siempre más o menos redondeada por un lado y al otro, con espacios entre ellos costoloni siempre diferentes.

A pesar de eso, Francesco Gallo (1672–1750) supo vencer las dificultades del grave inspector del Duque Amadeo II, construyendo sobre el tambor del Santuario de Mondovì, erigido por Ascanio Vitozzi en el 1596, un ejemplo de cúpula elíptica entre los más complejos y grandiosos (con un diámetro igual a 36 metros), dónde los poderosos contrafuertes dispuestos por el Gallo, siguientes de la bóveda, logran disfrazar el asimetrías del oval de modo que conseguir un efecto que lo acerca a la forma esférica, alterando pero las proporciones ideadas por el Vitozzi.

La construcción geométrica de una cúpula de instalación elíptica consiste en trazar dos triángulos

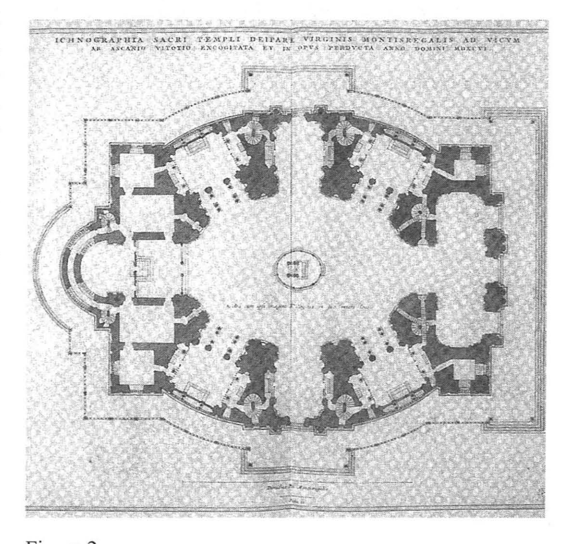
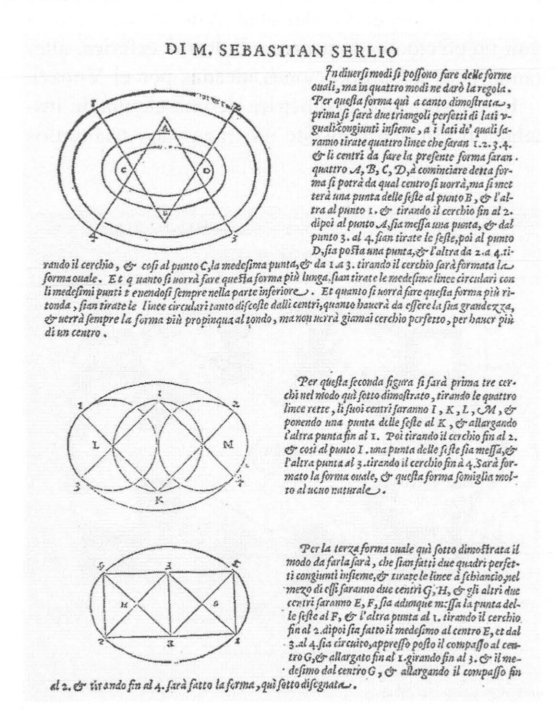


Figura 2
Oval del Santuario de Vicoforte de Mondovì (Ascanio Vitozzi e Franscesco Gallo, 1596–1733)

equiláteros con la misma base, formando así una figura en forma de rombo. Los ases de las cuatro capillas que se abren hacia el centro del círculo osculatriz tangente a la elipse y con el centro en la intersección de los diámetros principales son determinados por las perpendiculares llevadas por los lados de los triángulos, mientras que el perímetro de la elipse sigue círculos que tienen el centro en los puntos de intersección de dos perpendiculares. Esta construcción retoma el primero de los cuatro métodos propuestos por el Serlio en su tratado *I sette libri dell'Architettura,* publicado entre el 1537 y el 1551. En el primer libro Serlio propone cuatro métodos para trazar la planta elíptica; en lo primero de éste «si farà due triangoli perfetti di lato uguali congiunti insieme» (Serlio 1545).

Del rombo asì engendrado las cumbres constituyen los centros de la doble pareja de arcos que forman el oval. En su primer método Serlio impone que el rombo sea formado por dos triángulos equiláteros,


DI M. SEBASTIAN SERLIO

In diversi modi si possono fare delle forme ovali, ma in quattro modi ne darò la regola. Per questa forma quì a canto dimostrata, prima si farà due triangoli perfetti di lati uguali congiunti insieme, a i lati de' quali saranno tirate quattro linee che saran 1.2.3.4. & li centri da fare la presente forma saran quattro A, B, C, D, à cominciare detta forma si potrà da qual centro si uorrà, ma si metterà una punta delle seste al punto B, & l'altra al punto 1. & tirando il cerchio fin al 2. dipoi al punto A, sia messa una punta, & dal punto 3. al 4. sian tirate le seste, poi al punto D, sia posta una punta, & l'altra da 2. a 4. tirando il cerchio, & così al punto C, la medesima punta, & da 1. a 3. tirando il cerchio sarà formata la forma ouale. Et quanto si uorrà fare questa forma più lunga, sian tirate le medesime linee circulari con li medesimi punti tenendosi sempre nella parte inferiore. Et quanto si uorrà fare questa forma più ritonda, sian tirate le linee circulari tanto discoste dalli centri, quanto hauerà da essere la sua grandezza, & uerrà sempre la forma più propinqua al tondo, ma non uerrà giamai cerchio perfetto, per hauer più di un centro.

Per questa seconda figura si farà prima tre cerchi nel modo quì sotto dimostrato, tirando le quattro linee rette, li suoi centri saranno I, K, L, M, & ponendo una punta delle seste al K, & allargando l'altra punta fin al 1. Poi tirando il cerchio fin al 2. & così al punto I. una punta delle seste sia messa, & l'altra punta al 3. tirando il cerchio fin à 4. Sarà formato la forma ouale, & questa forma somiglia molto al uouo naturale.

Per la terza forma ouale quì sotto dimostrata il modo da farla sarà, che sian fatti due quadri perfetti congiunti insieme, & tirate le linee à schiancio, nel mezo di essi saranno due centri G, H, & gli altri due centri saranno E, F, sia adunque messa la punta delle seste al F, & l'altra punta al 1. tirando il cerchio fin al 2. dipoi sia fatto il medesimo al centro E, et dal 3. al 4. sia circuito, appresso posto il compasso al centro G, & allargato fin al 1. girando fin al 3. & il medesimo dal centro G, & allargando il compasso fin al 2. & tirando fin al 4. sarà fatto la forma, quì sotto disegnata.

Figura 3
Sebastiano Serlio, *I sette libri dell'Architettura,* extracto del libro primero

y por tanto perfectos, y unidos por la base, que sirven a introducir aquella simbología de la trinidad que invadió cada lugar en el edificio real, pero que quedó extraña a la instalación geométrica de la iglesia. La perfección de la construcción geométrica es acentuada ulteriormente por la capacidad de los arquitectos de ejecutar también el cuarto método del Serlio, que consiste en trazar dos círculos que pasen el uno en el centro del otro; los centros de la doble pareja de círculos son representados por las cumbres del rombo.

El doble triángulo, además de ser una matriz geométrica, es una forma de alto potencial simbólico: en efecto, siendo el rombo formado por un doble triángulo equilátero orientado en sentido opuesto, en ello se contraponen dos manera los cuatro elementos considerados de una parte de la filosofía griega al origen de la materia o sea el fuego y el agua, oposición de masculino y femenino; mientras, dejándolos correr a uno sobre el otro, los dos triángulos vienen a formar el sello de Salomón, *summa* verdadera y propia del pensamiento hermético.

Además, en el ámbito de la simbología cristiana los dos triángulos representan la naturaleza divina y humana del Cristo, además de, contrapuestos o reflejados, símbolo del remolino de los Avernos y el correspondiente Monte del Purgatorio descritos por Dante, puestos sobre el mismo eje, el que consolida ulteriormente la unión existente entre estos dos símbolos, que son de algún modo complementarios el uno del otro.

En el tratado *Docta Ignorantia* (1440) de Nicola Cusano (1401–1464) una de las pocas ilustraciones es dedicada a dos triángulos que, agregándose, engendran un sistema complejo de oposiciones: la figura representa la bajada de la luz divina y la ascensión de la tiniebla o corporeidad material, partiendo de la base de una pirámide (luz de Dios) y de la base opuesta de la otra (tiniebla del nada). Entre Dios y lo nula se disponen tres mundos (supremos, mediano, inferior) en cuyo viven todas las criaturas. Estos tres mundos son constituidos por el enredo de luz y tiniebla, ya que cada grado de la realidad es síntesis, de modo vario, de unidad (luz) y de alteridad (tiniebla).

Por cuánto concierne la recurrente morfología octagonal, relativa al espacio cubierto por la cúpula elíptica, debe ser recordado que el número ocho en la tradición cristiana es asociado a la idea de resurrección y renacimiento y por este los baptisterios y las fuentes bautismales a menudo tienen envolturas octagonales.

La iglesia de San Giuseppe en Voghera

El primero núcleo de la iglesia de San Giuseppe de Voghera, ciudad del Norte Italia del área lombarda, remonta al final del siglo XVII, pero la conclusión del edificio ocurrió sólo a la mitad de aquel siguiente y la construcción de la cúpula a planta elíptica en el 1842, ejecutada bajo proyecto del arquitecto Antonio Ricca (1699–750) de Génova. El edificio, con la suya a cruz griega alargada según un eje preferencial y con cobertura a cúpula de planta elíptica sobremanera rebajada, programada sobre penachos a dominar un espacio octagonal, regresa en el grupo de las iglesias y capillas que de la planta central se desarrollan según una dirección biaxial, contaminando así la perfección de la forma más querida de los teóricos de la arquitectura.

En consecuencia de la aparición de visibles estados de craqueo, han sido ejecutados relieves longimetrici e instrumentales, a cura del D.S.A. de Génova, dirigidos a establecer el comportamiento estático y el posible cinemática de colapso de la estructura, de modo de valorar si las lesiones fueran índice de un desorden incipiente. En realidad, las mismas fueron atadas a fenómenos de putrescencia de los enlucidos, sin ningún daño por la estructura bovedada.

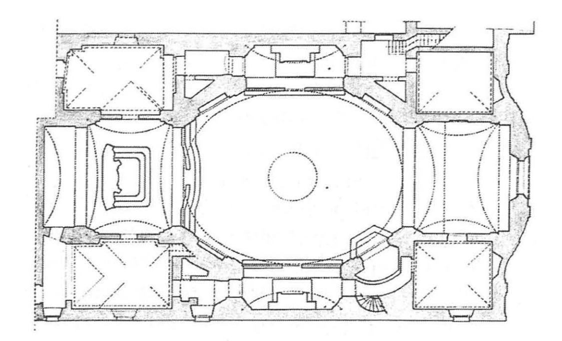
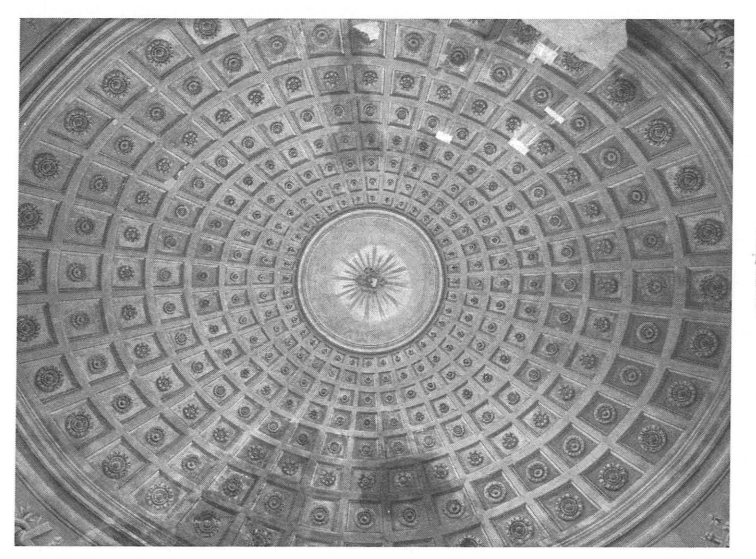


Figura 4
Planta de la iglesia de San Giuseppe en Voghera

Sin embargo, tal ocasión de estudio ha permitido profundizar una temática particular, cuál es aquella de las cúpulas elípticas, interesante y compleja puesto que se trata de un tipo de cúpula con dos ases de simetría, cuyo comportamiento estático preve que las reacciones verticales a lo largo del perímetro de la corona circular de base tengan que resultar en conjunto igual al peso de la entera estructura y distribuidas a lo largo de la misma base con ley variable con



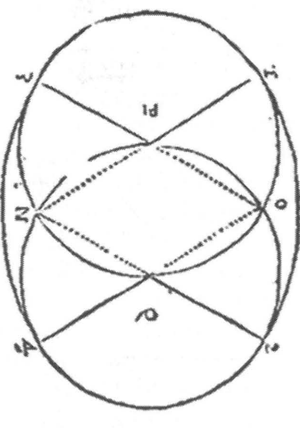


Figura 5
Cúpula elíptica de la iglesia de San Giuseppe en Voghera y extracto del libro primero de Sebastiano Serlio, *I sette libri dell'Architettura*

valores máximos en correspondencia del diámetro mayor de la elipse.

Suponiendo por sencillez de dividir la cúpula en dos semielipses, sobre cada uno de éstos actúan dos sistemas de fuerzas:

a) el resultante de los pesos propios relativos a medias cúpula y sobrepuesta en el baricentro G;
b) el resultante de las reacciones verticales relativas al semielipse de base y sobrepuesta en el baricentro de la misma; dicho punto no coincide, evidentemente, con el baricentro «G» de las masas.

Los dos sistemas de fuerzas son pares y contrarios pero no alineados a lo largo de la misma recta de acción; para que exista el equilibrio pues tendrá que ser allí un momento entre los dos semicúpulas —ejercido por los paralelos, comprimidos en las zonas superiores y tensos en aquellos inferiores— capaz de equilibrar la pareja formada por las dos resultantes.

Tal momento no resulta ser constante por cualquiera sección meridiana, ya que la planta tiene diferentes ases de simetría dados por el recorrido elíptico.

El relieve instrumental relativo al plan de impuesto de la cúpula y al curso al intradós según las dos secciones —transversal y longitudinal— no ha notado particulares desórdenes a cargo de la estructura, que se puede afirmar estar en una configuración de equilibrio estable.

El estudio de la distribución de las cargas y de los centros de apremio de los resultantes de las cargas permanentes ha puesto en evidencia un estado de apremio a cerca presión-flexión extraviado con valores no exiguos de las excentricidades, valores sensibles de los momentos de flexión en el baricentro y estados de estrés compuestos sobre la superficie en correspondencia del plan de impuesto. Sin embargo, la dirección biaxial de los sistemas de pesos unida al efecto dinámico de la cúpula elíptica, un adecuado espesor de las albañilerías de apoyo y de los sistemas de sostén (espuelas) permiten atribuir a la fábrica un adecuado grado de seguridad (en una escalera de medida de 1 a 5 igual a 4) que no anuncia a eventuales próximos hundimientos por formación de la cinemática de colapso o roturas frágiles en los materiales, por superación de los esfuerzos máximos resistentes a tracción y/o compresión en las albañilerías.

Mecanismos de colapso a comparación

Los relieves ejecutados sobre la cúpula de la iglesia de San Giuseppe han sido desarrollados contextualmente al estudio de la cúpula de la monumental Catedral de San Lorenzo Martire (siglo XVII-XVII), de la misma ciudad de Voghera, caracterizada por una sección a sexto agudo, permitiendo pues una confrontación entre los dos casos.

Para ofrecer un cuadro, incluso sea muy sumario, de la evolución de los problemas relativos a la cinemática de colapso de las estructuras a cúpula y de las relativas soluciones, es necesario considerar los estudios que consideran el arco a partir de lo Setecientos —de que la cúpula es la extensión en el espacio— según un esquema de rotura a cuatro elementos, de que la exigencia fundamental es aquella de determinar la correcta posición de los empalmes de rotura a los riñones y dónde realmente sea aplicado el empuje horizontal sobre la llave del arco. Sobre la base de los estudios de Charles Augustin de Coulomb (1736–1806), Claude Louis Navier (1785–1836), Franz Josef Gerstner (1756–1832) —cuyo se deben los conceptos de *línea de resistencia*, o sea el polígono que junta los centros de presión sobre cada uno de los planes de los empalmes y la *línea de presión,* o sea el enredo de las rectas de acción de las fuerzas reactivas entre los empalmes—, Henry Moseley (1801–1872), se llega a reconocer en el polígono de las fuerzas y en el polígono funicular los instrumentos utilizados para determinar nuestra curva de las presiones, que define la condición límite de equilibrio, o sea aquella antes de la formación de un cinemátismo de colapso.

La sección de la cúpula elíptica puede ser asimilada a un arco a sexto elíptico constituido, en este caso particular, de dos arcos de círculo cada uno con un propio centro, simétricos y simétricamente cargados. Considerando pues sólo uno arco —lo otro se comportará de manera exactamente idéntica— dividido en rajas, se procede al cálculo del peso de cada individual raja, sobrepuesto en el baricentro de cada curtido. Las fuerzas sobrepuestas en los baricentri crecen progresivamente del curtido en llave hasta aquel de impuesto; para localizar la posición y la intensidad del resultante del sistema de fuerzas se recurre al polígono funicular valiéndose de la construcción gráfica descrita anteriormente. Una vez localizada la posición del resultante y su intensidad, se procede con

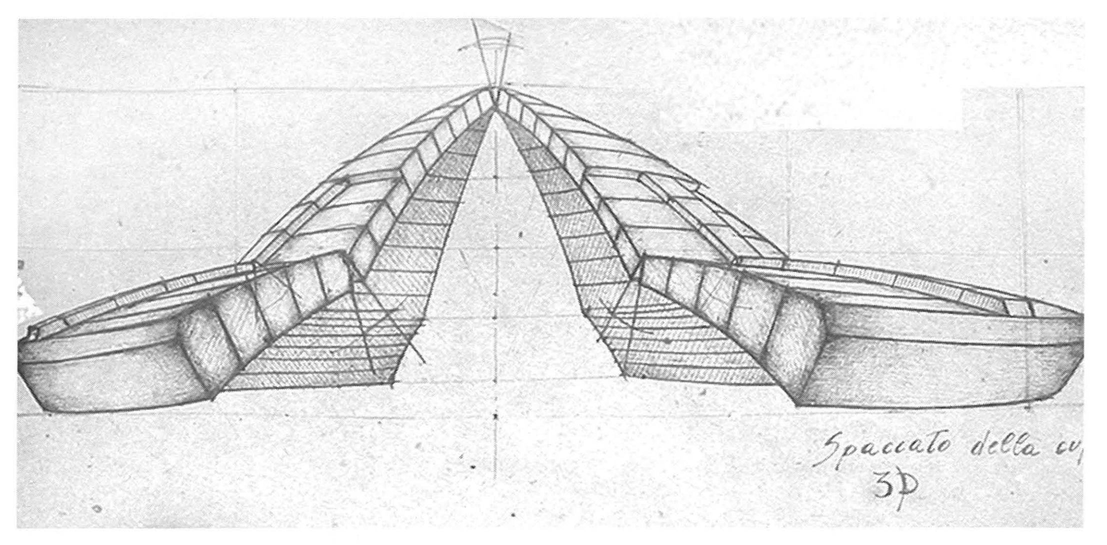


Figura 6
La sección de la cúpula de San Giuseppe

la búsqueda de las posiciones y de las intensidades de los empujes en llave y sobre la sección a los riñones del arco. Se procede por lo tanto a la determinación de la curva de las presiones, cambiando en su momento la posición del punto de aplicación del empuje en llave y la posición del polo de que proyectar las líneas de acción de cada fuerza. Como se repone del polígono de equilibrio, el empuje en llave *S*, componiéndose con el resultante *R* de las acciones externas y los pesos propios, da origen al empuje *H*, y aumenta de intensidad de la llave a los riñones; deriva por lo tanto que el arco debería tener un espesor gradualmente creciente de la sección en llave a la de impuesto.

Recordando que el arco está constituido por material que por hipótesis se considera no resistente a tracción, para que la sección estructural resulte toda comprimida es necesario que la curva de las presiones sea contenida dentro del núcleo central de inercia de cada uno de las infinitas secciones transversales del arco. En caso de que eso no se averiguara es necesario aumentar el espesor del arco o bien realizarlo a espesor variable. En el caso particular en examen la curva de las presiones es tangente en llave al intradós, y es tangente al trasdós en dos secciones poco sobre el plan de impuesto, en correspondencia del empalme ideal a los riñones. Cuando la carga alcanza el valor del cargado límite, se forma un mecanismo de colapso, que define la cinemática a colapso de la cúpula elíptica. La cúpula se «abre» en rajas —cómo mejor ilustrado en figura— con un mecanismo de colapso en cuatro partes, dónde las porciones centrales tienden a girar hacia el exterior y las porciones extremas tienden a girar hacia el interior. En el caso en examen, llevado en ejemplo, el arquitecto proyectista ha remediado a este problema e imaginado el fenómeno, solucionando la «debilidad» estática de la cúpula elíptica entumeciéndola a través de costillas de albañilería y añadiendo un consistente refuerzo pesado en su porción central para remediar al fenómeno de rotación hacia el exterior.

En el caso en lugar de la cúpula de la Catedral, ella es compuesta por una doble combadura: en efecto, un primero arco de circunferencia corresponde a los falsos nichos que hospedan las imágenes de los Santos —según un dibujo a dieciséis compartimientos— mientras sobre el marco dorado se establece una segunda curva. En todo caso, los estudios ejecutados han verificado que las reacciones verticales a lo largo del perímetro de la corona circular de base resultan en conjunto iguales al peso de la entera estructura y distribudas a lo largo de la misma base, mientras el relieve instrumental ejecutado no ha notado particulares desórdenes a cargo de la estructura,

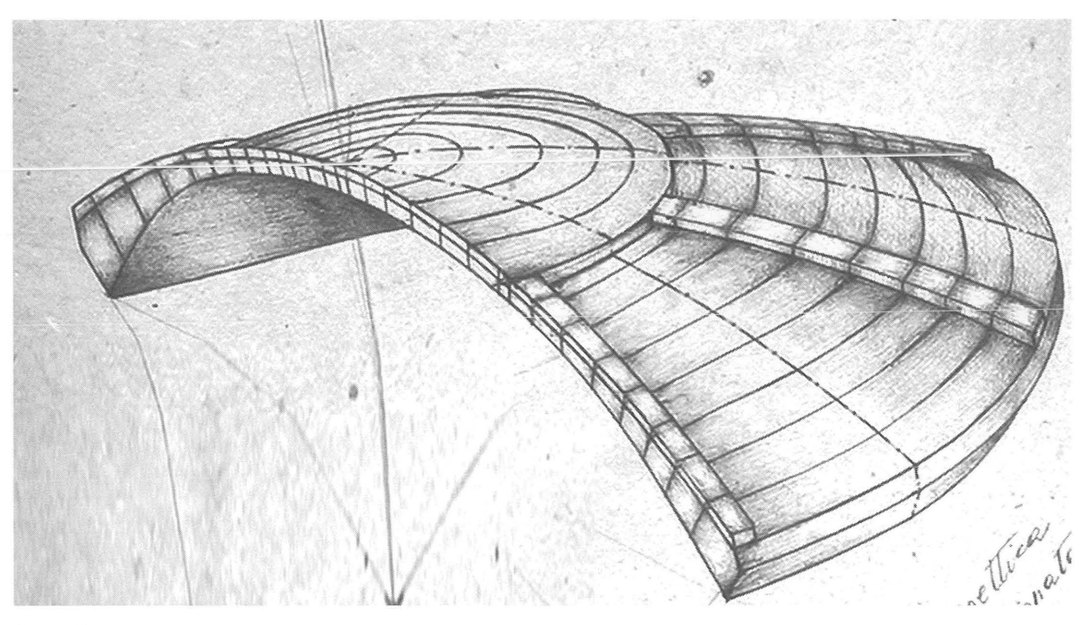
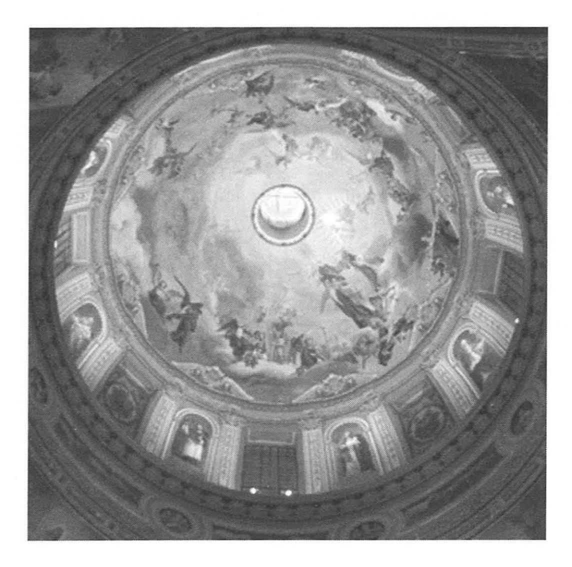
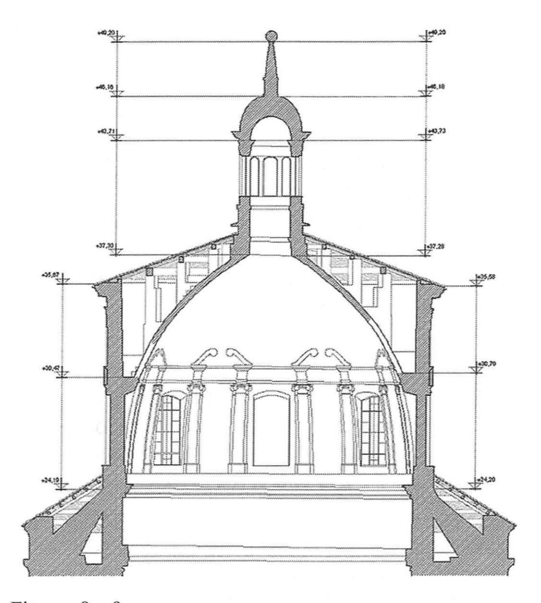


Figura 7
Mecanismos de colapso de la cúpula de San Giuseppe

que se puede afirmar estar en una configuración de equilibrio estable.

De hecho, todo el sistema estructural de la cúpula de la catedral en Voghera, que se divide en tres elementos principales —la linterna octogonal exterior, la cúpula interior costolonata por encima de la cual apoya un sistema de muelles verticales que soporta el peso del techo, y la aguja— es una estructura particular en la que la acción de fuerzas verticales difiere sustancialmente de la acción de las fuerzas horizontales. La acción del viento ejerce sobre la aguja y la linterna, ya que la gran baja altura del techo no mantene los esfuerzos horizontales. La aguja se apoya en un anillo en la parte superior de la cúpula, conectado a la linterna, por lo que hemos comprobado que la acción del viento es absorbida totalmente por la linterna, estructura axial-simétrica construida con cuatro ejes principales de simetría, que muestra grietas visibles en la conjunción de los ocho lados, por el viento y la variacione que afecten significativamente a la deformación del mortero. Por lo tanto, la atención se ha centrado en la cúpula costolonata, diferenciando claramente el sistema de costoloni de las velas encerrada entre ellos. En ambos casos, el análisis límite de fractura ha puesto de manifiesto la forma en que el mecanismo más probable de colapso está indicado por Giovanni Poleni (1685–1761) en *Memorie Istoriche della Gran Cupola del Tempio Vaticano*, tratamiento fundamental para comprender el comportamiento estático y el surgimiento de los estados de fractura de todos los domos en ladrillo, temprana aplicación de la teoría de la curva catenaria para la verificación de la estabilidad. Poleni prevé la formación de un cinemátismo de colapso con una bisagra a l'extrados en clave, una a l'intrados a el riñón en aproximadamente 60° desde el plan de impuesta de la cúpula, y una bisagra a l'extrados en aproximadamente 30° desde el plan de impuesta de la cúpula; esto sucede porque la cúpula es ammorsada a la linterna para todos sus longitudinal de desarrollo, hasta una altura igual a un ángulo de elevación de 30°, creando una masa sólida que es capaz de absorber los esfuerzos horizontales y vertical. La elevada resistencia de fricción, debida a los morteros, se asegura de que —gracias a un sistema de concentración de las cargas que transmiten a través de los pilares el peso de la cobertura— en la parte de costolone entre 30° y 90° del plano de la impuesta de la cúpula, la curva de presión, en el peor de





Figuras 8 y 9
Interior y sección de la cúpula de la catedral de Voghera

los casos, figura siempre interior en la sección de costolone, con valores de las tensiones tangenciales y de las fuerzas de desplácese tan baja que, para una altura de 45°, el cúpula puede ser considerada como un organismo «autoportante», construido sin la ayuda de centinature. En cambio, el análisis de las velas, en este caso, con sujeción únicamente a su peso, muestra que los estados de estrés dentro de la estructura de la pared son tan insignificantes, que no afecte a ninguno de la posible formación de los estados de colapso de tensión o compresión.

Las consideraciones que pueden extraerse de la comparación de estos tipos estructurales ha puesto de manifiesto que, como la cúpula de la catedral, rodeada por la linterna irrigidente en mampostería que suporta todas las acciones horizontales y el peso de la cúpula, ofrece la estabilidad y fortaleza a la estructura de todo el complejo. Además, la elección de una cúpula de curvatura sustancialmente circular, por la sucesión de arcos de circunferencia, está muy cerca del problema abordado y resuelto por Alessandro Antonelli (1798–1888) para la bóveda de mampostería de la Basílica de San Guadenzio Novara (1841–1878), asegurando que este tipo de construcción a eje circular es preferible frente a las estructuras de tipo elíptico.

Lista de referencias

Bélidor, de, Bernard Forest. 1728. *La Science des ingénieurs.* Paris: chez Desaint.

Benvenuto, Edoardo. 1981. *La scienza delle costruzioni e il suo sviluppo storico.* Firenze: Sansoni.

Conforti, Claudia (ed.). 1997. *Lo specchio del cielo: forme, significati, tecniche e funzioni della cupola dal Pantheon al Novecento.* Milano: Electa.

Couplet, Claude Antoine. 1728. *De la poussée des voutes.* Paris: Mémoires de l'Academie Royale des Sciences.

De Negri, Emmina. 1967: «Chiese settecentesche a pianta ellittica nel genovesato». *Bollettino Ligustico* XIX-1/2: 34–64.

De Negri, Emmina. 1979. «Per un catalogo dei Ricca. Appunti di architettura barocca genovese». *Bollettino Ligustico* XXXI-1/4: 3–24.

De Negri, Emmina. 1980. «Per un catalogo dei Ricca. Appunti di architettura barocca genovese». *Bollettino Ligustico* XXXII-XXXIII: 33–48.

Di Pasquale, Salvatore. 1966. *L'arte di costruire tra conoscenza e scienza.* Venezia: Marsilio.

Fasolo, Vincenzo. 1931. «Sistemi ellittici nell'architettura». *Architettura e Arti decorative.* X/7, 309–324.

Heyman, Jacques. 1967. «On shell solution for masonry domes». *International Journal of Solids and Structures.* Vol. 3, 227–241.

Heymann, Jacques. 1972. *Coulomb's memoir on statics.* Cambridge: Cambridge University Press.

Mascheroni, Lorenzo. 1785. *Nuove ricerche sull'equilibrio delle volte*. Bergamo: Locatelli.

Moseley, Henry. 1843. *The Mechanical Principles of Engineering and Architecture*. London: Green and Longmans.

Norberg Schulz, Christian. 1979a. *Architettura barocca*. Milano: Electa.

Norberg Schulz, Christian. 1979b. *Architettura tardobarocca*. Milano: Electa.

Poleni, Giovanni. [1743] 1748. *Memorie Istoriche della Gran Cupola del Tempio Vaticano, e de' danni di essa, e de' ristoramenti loro, divise in libri cinque*. Padova: Stamperia del Seminario.

Portoghesi, Paolo. 2001. *Storia di San Carlino alle Quattro Fontane*. Roma Newton & Compton.

Rondelet, Jean-Baptiste. 1802. *Traité théorique et pratique de l'art de bâtir*. Paris: chez l'Auteur.

Salimbeni, Leonardo. 1787. *Degli archi e delle volte libri sei di Leonardo Salimbeni capitano ingegnere, professore di matematica e delle fortificazioni nel Collegio Militare e de' Quaranta della Società Italiana*. Verona: Dionigi Ramanzini.

Scamozzi, Vincenzo. 1615. *Idea dell'Architettura Universale*. Venezia: Arnaldo Forni Editore.

Serlio, Sebastiano. 1584. *I sette libri dell'architettura*. Venezia: Arnaldo Forni Editore.

Vittone, Bernardo Antonio. 1760. *Istruzioni Elementari per l'indirizzo dei giovani allo studio dell'architettura*. Lugano: Agnelli.

Wittkower, Rudolf. 1972. «Le cupole del Vittone». En *Atti del Convegno Internazionale Bernardo Vittone e la disputa fra classicismo e barocco nel Settecento*. I: 17–32. Torino: Accademia delle Scienze.

Las cisternas del Castillo del *Monte do Brasil*: contribuciones de las fuentes de contabilidad para su historia

Joana Balsa de Pinho

En el ámbito del Proyecto «Levantamento dos Fortes Açorianos e das Fontes Açorianas existentes no Archivo General de Simancas» (POCTI/HAR/49122/2002), promovido por lo Instituto Açoriano de Cultura en colaboración con a Universidade dos Açores y lo Centro de Estudos de História do Além Mar (FCSH/UNL) y financiado por la Fundação para a Ciência e Tecnologia, fue posible identificar un conjunto de documentación inédita referente a la fortaleza de S. João Baptista en la isla Tercera (Azores-Portugal).[1]

Este fuerte inicialmente designado por castillo del Monte del Brasil y desde Diciembre de 1598 por castillo de S. Filipe,[2] fue la mayor fortaleza edificada en el Atlántico durante el reinado de Felipe II.

La documentación la que se refiere nuestro estudio, documentación esencialmente de contabilidad, refleja el cuidado puesto en este edificio, dándonos informaciones sobre diferentes dimensiones relacionadas con su construcción.

En nuestro estudio privilegiaremos un procedimiento metodológico de aproximación al objeto construido basado en la complementariedad de los datos suministrado por las fuentes escritas.

Fuentes escritas

En este estudio nos interesa un documento del libro II de la cuenta del pagador Martim Ruiz de Laris:[3] a «*Data* dos maravedis pagos pelo pagador Martim Ruiz de Laris nas obras e fortificações que se fizeram na ilha Terceira» (AGS, CMC - 2ª época, leg. 941).

La cuenta de Martim Ruiz integra, además del libro II, el libro I (dos ejemplares,[4] AGS, CMC - 2ª época, legajos 520 y 526) y el libro III como pagador en las islas de Azores (AGS, CMC - 2ª época, legajo 515) y dos libros del periodo en que fue pagador en la isla de San Miguel (AGS, CMC - 2ª época, legajos 520 y 1018).

Toda esta documentación pertenece a la sección Contaduría Mayor de Cuentas del Archivo General de Simancas. Esta Contaduría era el organismo máximo de vigilancia y fiscalización sobre la rectitud de todas las gestiones y actos efectuados con dineros de la Hacienda Real. Su origen remonta, probablemente, a finales del siglo XIII y en 1401 aparece por primera vez la expresión contadores mayores de cuentas. El siglo XVI con la creación y consolidación del Consejo de la Hacienda, la Contaduría Mayor de Cuentas ve su campo de acción ampliado al mantener todas sus funciones, pero sujeta a las instrucciones del Consejo de la Hacienda.[5]

Se organizaba con dos (o más) contadores mayores de cuentas que eran auxiliados por sus tenientes; aún existían los contadores menores distribuidos por oficios: contadores de libros y contadores de resultas. Los primeros tenían como función asentar los despachos y provisiones y los segundos estaban encargues de ordenar y comprobar las cuentas y definir alcances o resultas; colaboraban aún algunos escri-

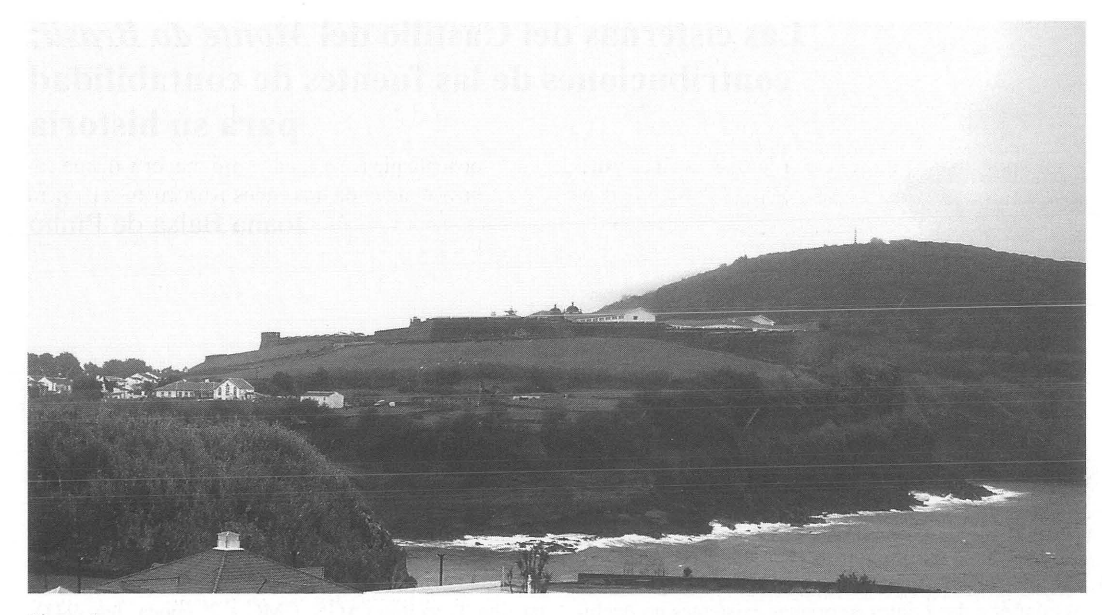


Figura 1
Castillo del Monte del Brasil

banos, un relator, un procurador fiscal, asesores y otras personas.

Los libros de cuentas de pagadores y tenedores, y en el caso que nos interesa, los libros de Martim Ruiz de Laris, eran elaborados por los contadores de resultas a consecuencia de su actividad de comprobar las cuentas, o sea, de un complejo proceso de intervención, fiscalización, confirmación de las cuentas de los oficiales que servían el rey. Para la elaboración de estos libros se seguía un procedimiento específico: cada contador elaboraba los libros de *cargo* y *data*, glosando uno de los libros duplicados, comprobando las partidas de *cargo* y *data* y confrontando la relación jurada y firmada del pagador con otros documentos.[6] El documento en estudio, «*Data* dos maravedis pagos pelo pagador Martim Ruiz de Laris, nas obras e fortificações que se fizeram na ilha Terceira», es compuesto por una relación en 99 pliegos, organizados por años y con varias partidas; el ámbito cronológico es 1583–1599. En cada partida es referido el valor que debe ser recibido *en quenta* al pagador, a quien el pagador pagó ese valor, lo que fue pagado, en que fecha y local fue dada la libranza o recaudo para el pago, quien la promovió, quien *tomou la razon* y quien señalo la libranza o recaudo.

Este documento, de cariz administrativo y de contabilidad, posibilita un conocimiento más profundizado de lo(s) monumento(s)/obra(s) la que se refiere, siendo relevante para la definición de su historia; posibilita, expresamente, definir una datación, reconstituir la evolución de la construcción, duración total y parcial, así como esclarecer las opciones que se fueron haciendo, reconstituir el ritmo de las obras y posibilitar la identificación de maestros y trabajadores. Sin embargo, proveen otros importantes, creíbles, y por veces, sorprendentes elementos para la historia de la construcción; destacamos el origen y utilización de materiales, técnicas y procesos en función de la obra, referencias a herramientas y medios auxiliares para la construcción, organización del trabajo, principales oficios y costes.

Al largo de este texto citaremos partes de ese documento; y porque todas las citas se refieren al mismo documento indicaremos sólo el folio, pues los restantes elementos son comunes:

Archivo - Archivo General de Simancas (AGS)
Sección - Contaduría Mayor de Cuentas - 2ª época (CMC - 2ª ép.)
Legajo (leg.) - 941

Seguiremos las siguientes reglas de transcripción: se mantiene el idioma original, incluyendo para los nombres propios y también la ortografía original, respetando el uso del u/v/b y de la j/i; se separan las enclíticas y las proclíticas; se introduce esporádicamente puntuación; se actualiza la utilización de mayúsculas y minúsculas; se desdoblaron las abreviaturas sin señalar letras omisas pero respetando la grafía de las mismas.

Cisterna y sistema de abastecimiento y distribución de agua del Castillo del *Monte do Brasil*

El documento en estudio, «*Data* de los maravedis pagados ... en las obras y fortificaciones que se hicieron en la isla Tercera», se refiere a todos los gastos realizados por el pagador en obras de fortificación, readaptación y construcción de fortalezas.

De acuerdo con la información disponibilizada por este documento, la primera opción defensiva, después de la conquista de la Tercera en 1583, fue el refuerzo del castillo de S. Sebastian, campaña de obras que se prolongó hasta inicio de la década de noventa, época en que se inicia la construcción de una nueva fortaleza, el castillo del Monte del Brasil[7] (figura 1).

Este documento permite acompañar la construcción de esta fortaleza y destaca, como caso único, la construcción de la cisterna y sistema de abastecimiento y distribución de agua, tema tratado de modo diferenciado y pormenorizado. Refleja el cuidado puesto en esta construcción, dándonos informaciones sobre los maestros y oficiales, valor parcial y total de la obra, duración y características, materiales y métodos de trabajo utilizados.

Las obras

La obra hidráulica descrita en el documento fue compuesta por tres intervenciones diferenciadas, referidas secuencialmente:

— «conduzir a água que se levava desde a fonte das Covas da dita cidade à fortificação do Brasil» (fls. 91 - 91 v.); esta obra tenía como función lo «serviço da fabrica que se faz na montanha do Brasil e para que fique nela perpetuamente uma fonte» (fls. 72 v. - 73) y como motivación «la preçissa necessidad y mucho gasto que se haçia en llebar el agua en carros para las dichas obras» (fl. 102 v.).

— «un estanque o pila grande capaz de mas de ochenta pipas de agua y otro menor a donde cayese el agua de dos caños para cojer della para ... [beber] » (fls. 96. - 96 v.); los dos tanques deberían estar juntos uno del otro (fl. 102 v.).

— «tres cisternas» (fl. 148 v.) (figuras 2 a 4).

La primera y más completa referencia documental a la obra del abastecimiento de agua se encuentra en los folios 75 v. la 76 v. y vale la pena transcribir: «Porquanto por ser neçessario lleuar agua desde el chafaris o fuente que esta en esta dita ciudad en la parte que llaman Las Cuebas desde adonde esta a la parte y lugar que ha de llegar para el serujcio ansi delo tocante ala fabrica como para que quede para siempre para la gente que en ella quedare que ay distançia de doçientas braças de terreno y en algunas

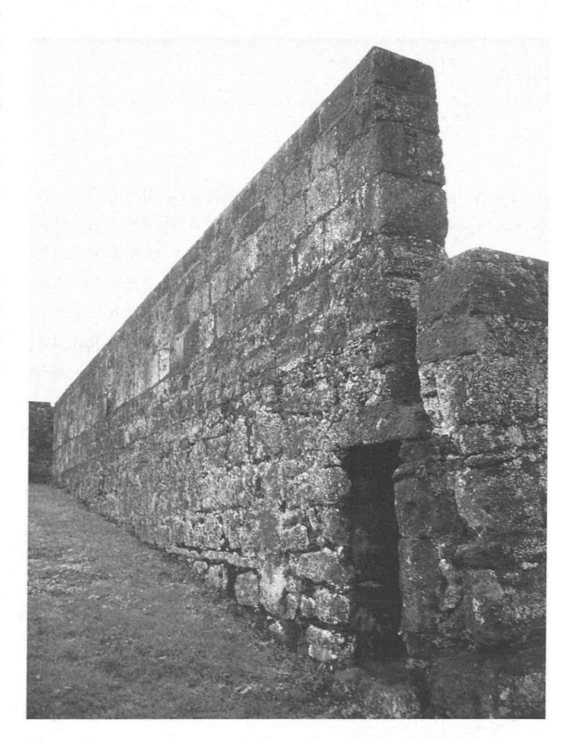


Figura 2
Exterior de las cisternas del Castillo del Monte del Brasil

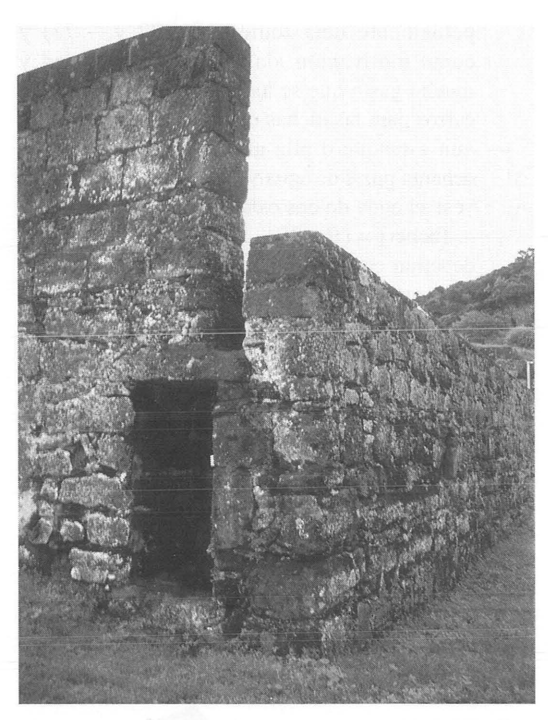


Figura 3
Exterior de las cisternas del Castillo del Monte del Brasil

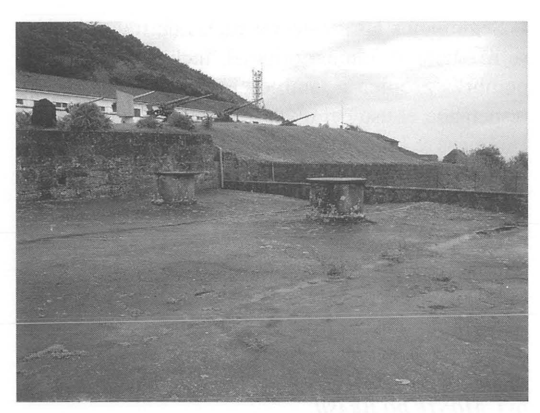


Figura 4
Cubierta de las cisternas del Castillo del Monte del Brasil

partes y lugares aber de yr el agua encañada por caños de piedra y arcaduzes dentro dellos y en otras partes arcaduzes solamente con cal y embetunados con betun de aceyte, cal y estopas y para la execuçion dello con pareçer y asistencia de Antón Col a cuyo cargo esta la dita fortificaçion en presençia del dito contador Hernando Ortiz de Rio se dio la dita obra a destaxo a Pedro Taroca, veçino desta dita ciudad maestro de canteria con el qual se hiço preçio de que por cada braça del dito encañado de canteria se le pagase a rraçon de a treynta rreales castellanos por las que fuesen y por cada braça de encañado sin canteria a rraçon de a diez rreales y medio y por diez y seis arcas de piedra y cal beinte escudos por todas, de a diez rreales cada uno, dando le el conduto abierto y los arcaduzes y veinte moyos de cal y el dito Pedro Taroca se obligo a poner la canteria neçessaria y açeyte para el betun y offiçiales y peones hasta ser acauada a boluntad del dito Anton Col y que se le diesen de presente çiento y beinte y çinco delos ditos escudos que balen quarenta y dos mill y quinientos marauedis dela dita moneda para haçer sacar la piedra y para otras cosas neçessarias para el dito efeto los quales se le dieron y pagaron al dito Pedro Taroca como pareçio por librança firmada del dito maestre de campo fecha en esta dita ciudad de Angra en diez y seis dias de diçiembre de quinientos y nobenta y tres, senalada del dito Anton Col. Tomada la rraçon por los ditos contador Hernando Ortiz de Rio y Juan de Bayona dela Cassa que por ausencia del dito beedor seruia el dito offiçio y ffee del dito contador como los ditos marauedis se le pagaron con su interuençion y le quedauan cargados al dito Pedro Taroca a buena quenta delo que montase el dito conçierto de que dio carta de pago en diez y siete dias del dito mes y ano» (fls. 75 v. - 76 v.).

De igual modo la primera partida referente a las cisternas describe la obra y sus condiciones al pormenor y vamos también transcribirla: «al dicho Pedro Taroca y Luis Mendez maestros canteros veçinos dela dicha çiudad de Angra duçientos escudos del dicho valor que montan sesenta y ocho mill marauedis que se le libraron a buena quenta delo que hubiesen de hauer dela obligaçion que tenian hecha de haçer las çisternas que les fuessen señaladas en la fortificaçion del dicho monte del Brassil que se yba haçiendo del tamaño que les fuesse señaladas por el dicho Anton Col trayendo los suso dichos la piedra de canteria a su costa y dando la labrada al pie dela dicha obra, cada vara de çinco palmos por çinco reais y medio, cada braça de muralla de canteria con cal e vetun de diez palmos de largo y diez de alto y dos y

medio de gruesso a rraçon de a ocho reales y tres quartillos cada braça dando les para ello los materiales en la dicha obligaçion y contrato con ellos hecho contenidos, el qual contrato y los preçios y condiçiones del se hiçieron en presençia del dicho Antonio de Puebla y delos dichos contador y veedor y Anton Col» (fls. 103 - 103 v.).

Son partidas de gran valor informativo que posibilitan conocer varios aspectos de la obra que analizaremos enseguida.

Los maestres

La documentación nos indica el nombre de dos maestros envueltos en esta obra.

Pedro Taroca, *maestro de canteria* o *maestro cantero*, fue el maestro responsable por la obra del abastecimiento de agua. En la obra de las cisternas a Pedro Taroca se junta Luis Mendez aún *maestro cantero* o *maestro de canteria*; ambos eran habitantes en Angra (fls. 103 - 103 v., 148 v.).[8]

Contratación

Para la obra del abastecimiento de agua fue realizado un *conçierto* con Pedro Taroca en 16 de Diciembre de 1593, de lo cual resultó una *obligaçion* (fls. 93 v. - 94 v.). Y para la obra de las cisternas existía también una «*bligaçion y contrato*» con los maestros canteros, «el qual contrato y los preçios y condiçiones del se hiçieron en presençia del dicho Antonio de Puebla y delos dichos contador y veedor y Anton Col» (fls. 103 - 103 v.).[9]

En ambas intervenciones existen condiciones contractuales a que sean cumplidas por los maestros y que están relacionadas con condiciones técnicas de la obra o con procedimientos de trabajo; existen también condiciones a que sean cumplidas por quienes promueve la obra, expresamente los valores a pagar y el suministro de materiales.

En la obra del abastecimiento de agua, el maestro recibía, además del pago, el conducto abierto, los arcaduces y la cal y debería suministrar la piedra, el aceite para el *betum*, los oficiales y peones hasta la obra estar terminada (fls. 75 v. - 76 v.). El pago era calculado por precio de la braza de encañado y sus características: encañado en piedra a treinta reales castellanos la braza, encañado sin piedra a diez reales y medio la braza y doce reales y medio cada arca de piedra y cal (fls. 75 v. - 76 v.).

Relativamente a las cisternas, la obligación preveía que los maestros realizaran las tres cisternas «del tamaño que les fuesse señaladas por el dicho Anton Col» y que trajeran «la piedra de cantería a su costa y dando la labrada al pie dela dicha obra» (fls. 103 - 103 v.). Relativamente a los valor a pagar a los maestros: cada vara, de cinco palmos, correspondía a cinco reales y medio; cada braza de muralla de cantaría con cal y betún, de diez palmos de largura y de altura y dos y medio de profundidad, a ocho reales y *quartillos* (fls. 103 - 103 v.).

Adjudicación

Para la obra de abastecimiento de agua es referida la forma de adjudicación; la obra fue dada la destajo Pedro Taroca en presencia del contador Hernando Ortiz de Río, o sea, fue ajustada por un tanto alzado (fls. 75 v. - 76 v.).

Características técnicas de la obra

El documento estudiado indica algunas de las características técnicas de la obra de abastecimiento de agua; en el recorrido de c. 200 brazas, que mediaba entre la fuente localizada en las *Cuevas* y la fortaleza, el agua debería ir encañada por caños de piedra con arcaduces en el interior o sólo por arcaduces con cal y *betum* (fls. 75 v. - 76 v.).

También los tanques deberían presentar características específicas; el tanque grande debería ser «capaz de mas de ochenta pipas de agua y otro menor a donde caya el agua de dos caños para coxer della para beber» (fls. 98 v. - 99).

En el caso de las cisternas, sus murallas debería ser de cantaría con diez palmos de largura y diez de altura y dos palmos y medio de profundidad (fls. 103 - 103 v.) (figuras 2 y 3).

Acompañamiento y supervisión

Las tres intervenciones que componen la obra hidráulica realizada en el castillo del Monte de Brasil

tuvieron el acompañamiento de Anton Coll.[10] En la obra del abastecimiento de agua, el ingeniero era responsable por dar *pareçer* e *asistencia*, debiendo la obra «ser acauada a boluntad del dito Anton Col» (fls. 75 v. - 76 v.).

En la obra de los tanques grande y pequeño el ingeniero era responsable pela «la orden y traça» (fls. 96 - 96 v.) y en el caso de las cisternas, estas deberían ser «del tamaño que les fuesse señaladas por el dicho Anton Col» (fls. 103 - 103 v.).

Evolución de la obra

En el conjunto de la obra hidráulica, inicialmente se realiza el sistema de abastecimiento de agua, que comienza en noviembre de 1593 con la conducción del agua por caños de la fuente localizada en lo *Alto das Covas* al local de la fortaleza en el Monte del Brasil. Esta obra se prolonga hasta finales de Abril de 1594; de finales de Mayo a principios de Julio del mismo año transcurre la obra del tanque grande y del tanque pequeño.

En 15 de Julio de 1594 surge la primera alusión a la obra de las cisternas (fls. 103 - 103 v.). Este partida refiriéndose a los maestros canteros indica «las çisternas que les fuessen señaladas» (fls. 103 - 103 v.) y en 2 de Setiembre, «las çisternas que les fueron señaladas» (fl. 107 v.), indiciando que la obra ya estaría iniciada; a partir de Octubre de 1594 se refiere la «obra que yban haçiendo en las dichas cisternas» (fls. 112 - 112 v.).

El mes de Febrero de 1595 sabemos concretamente que se estaba a «assentar a cantaria nas cisternas que se faziam no Monte do Brasil» (fl. 123 v.), obra que aún transcurría en Junio del mismo año (fls. 136 v. - 137).

Un dibujo existente en el Archivo General de Simancas datado de 24 de Enero de 1595, un informe de la situación de la obra, indica que las cisternas «se van haziendo», muestra su localización y su configuración con las 3 reservas rectangulares para el agua.

En 31 de Enero de 1596 el documento registra los pagos Pedro Taroca y Luis Mendez y los justifica como valor «que se les debia de tres çisternas que hauian hecho en la fortaleza» (fl. 148 v.) y desde esa fecha como pagos «a buena quenta delo que les debia» (fl. 150) o «a buena quenta de mayor suma de marauedis que auian de hauer por las dichas cisternas» (fls. 157 - 157 v.). Podemos suponer que durante el primer trimestre de 1596 la obra ya estaría en fase de conclusión; una partida de Abril de 1596 refuerza esta idea refiriéndose al pago «delo que les debia por la hechura y canteria delas dichas çisternas de mas de otras sumas de marauedis que auian resçiuido por la misma quenta y hefeto para yr las acabando» (fls. 151 v. - 152).

Pagos

El documento en análisis registra varios pagos referentes a la obra de hidráulica realizada en el castillo del Monte del Brasil, realizados «del diñero dela dicha fabrica» (fls. 93 v. - 94 v.).

La primera partida corresponde a un adelantamiento de 125 escudos para que Pedro Taroca pueda «haçer sacar la piedra y para otras cosas neçessarias para el dito efeto» (fls. 72 v. - 73 e 75 v. - 76 v.).

Al valor pagado en estas cuatro partidas aumentan 40 escudos equivalentes a un cuarto de aceite que lo recibió del tenedor de bastimentos (fls. 93 v. - 94 v.),

Fecha	*Valor*	*Fuente* (AGS, CMC - 2ª ép., leg. 941)
16 noviembre 1593	125 escudos (42.500 maravedis)	fls.75 v. - 76 v.
25 febrero 1594	75 escudos (25.500 maravedis)	fls. 88 - 88 v.
8 abril 1594	40 escudos (13.600 maravedis)	fls. 91 v. - 92
30 abril 1594	153 escudos, 3 reales y 3 *quartillos* (52.147 maravedis y medio)	fls. 93 v. - 94 v.

Tabla 1
Pago de la obra del encañado

Fecha	*Pago*	*Fuente* (AGS, CMC - 2ª ép., leg. 941)
21 mayo 1594	50 escudos (17.000 maravedis)	fls. 96 - 96 v.
3 junio 1594	50 escudos (17.000 maravedis)	fls. 98 v. - 99
8 julio 1594	115 escudos (39.100 maravedis)	fl. 102 v.

Tabla 2
Pago de la obra de los tanques

Fecha	*Pago*	*Fuente* (AGS, CMC - 2ª ép., leg. 941)
15 julio 1594	200 escudos (68.000 maravedis)	fls. 103 - 103 v.
2 septiembre 1594	200 escudos (68.000 maravedis)	fl. 107 v.
15 octubre 1594	200 escudos (68.000 maravedis)	fls. 112 - 112 v.
26 noviembre 1594	200 escudos (68.000 maravedis)	fl. 116 v.
7 enero 1595	300 escudos (102.000 maravedis)	fl. 121 v.
17 febrero 1595	200 escudos (68.000 maravedis)	fl. 124 v.
22 marzo 1595	200 escudos (68.000 maravedis)	fls. 127 v. - 128
13 mayo 1595	200 escudos (68.000 maravedis)	fl. 134
18 agosto 1595	200 escudos (68.000 maravedis)	fls. 140 - 140 v.
7 octubre 1595	200 escudos (68.000 maravedis)	fl. 145 v.
3 noviembre 1595	200 escudos (68.000 maravedis)	fl. 146 v.
22 enero 1596	50 escudos (17.000 maravedis)	fl. 148
31 enero 1596	40 escudos (13.600 maravedis)	fl. 148 v.
8 marzo 1596	50 escudos (17.000 maravedis)	fl. 150
7 abril 1596	25 escudos (8.500 maravedis)	fls. 151 v. - 152
22 julio 1596	100 escudos (34.000 maravedis)	fls. 157 - 157 v.
19 diciembre 1597	50 escudos (17.000 maravedis)	fl. 179
27 junio 1598	20 escudos (6.800 maravedis)	fls. 186 v. - 187

Tabla 3
Pago de la obra de las cisternas

pues por la obligación maestro cantero debería suministrar el aceite para el *betum*.

A 30 de Abril el pago final es simultáneamente una partida rectificativa, un acierto de cuentas entre el previsto en la *obligación* y el realmente construido, «se midio despues de hechos»; expresamente el número de brazas de encañado y el número de *arcas* y el valor a recibir (fls. 93 v. - 94 v.). Con base en las

mediciones realizadas se hace lo ajuste del precio a pagar al maestro, pues el valor ajustado en la *obligación* tenía por base un precio por braza edificada. Así fueron pagados, 433 escudos, tres reales y tres *quartillos* por 215 brazas de encañado, en vez de las previstas 200, y catorce *arcas*, en vez de las previstas dieciséis (fls. 93 v. - 94 v.):

— 291 escudos y medio por noventa y siete brazas y media de encanado en piedra
— 123 escudos, tres reales y tres *quartillos* por 117 brazas y media de encanado sin piedra
— 20 escudos por catorce arcas

En la obras de los tanques, «por que asta que estubiese acabado no se podia ver lo que se le hauia de dar por ello, por hauer de ser thassado por el dicho Anton Col», se fueron realizando pagos por cuenta (fls. 96 - 96 v., 98 v. - 99). La obra acabaría por ser tasada en 215 escudos y, como aconteció con la obra del encañado, el resultado fue diferente del previsto: el tanque con capacidad para ochenta pipas de agua da lugar y un otro «tanque grande o alberca capaz de mas de cient pipas de agua» (fl. 102 v.).

En lo inicio de la campaña de obras los pagos a los maestros canteros eran realizados «a buena quenta dela obra que yban haçiendo en las dichas cisternas» (fls. 112 - 112 v., 116 v.) y «en consideraçion delo que tenian hecho por la dicha su obligación» (fls. 112 - 112 v., 116 v.); las partidas de 13 de Mayo y 18 de Agosto de 1595, especifican un poco más, justificando el pago realizado «por lo que el dicho Anton Col, a cuyo cargo estaban las dichas obras, dijo tenian hecho y se les podia librar» (fls. 134, 140 - 140 v.).

Aproximándose el final de la construcción y ya después de terminada, los pagos era hechos «buena quenta delo que se les debia por la obra delas dichas çisternas para descontar-se-lo delo que hubiessen de auer» (fl. 148) o «a buena quenta de mayor suma que se les debia de tres çisternas que hauian hecho en la fortaleça del Monte del Brasil» (fl. 148 v.).

Los pagos regulares finalizan en 22 de Julio de 1596, fecha en que la obra ya estaría concluida; más de un año después, en Diciembre de 1597 se realiza nuevo pago: «A Pedro Taroca y Luis Mendez maestros canteros que por *obligación* hicieron las cisternas que estan en la fortaleça del monte del Brasil cinquenta escudos del dicho valor que monta diez y siette mill marauedis que se les libraron y los hubieron de haber con mayor suma de marauedis de lo que hubieron de hauer por las dichas çisternas» (fl. 179) y seis meses después nueva partida: «A Pedro Taroca y Luis Mendez maestros canteros obligados que fueron a haçer las çisternas en la dicha fortaleça del monte del Brasil veynte escudos del dicho valor que montan seis mill y ocho çientos marauedis que se le libraron a buena quenta de mayor suma que se les quedo debiendo por la hechura delas dichas çisternas» (fls. 186 v. - 187).

Procedimiento para el pago

El proceso de pago a los maestros canteros estaba bien definido: el maestro de campo hacía una libranza que era *tomada la razon* por el contador y por el veedor; Pedro Taroca y Luiz Mendez recibían la cuantía indicada en la libranza en presencia del contador y daban una carta de pago (fl. 107 v.); el contador y veedor *cargavam* la cuantía recibida «en la quenta que con ellos [mestre canteiros] se tenia», quiere de la obra realizada (fls. 88 - 88 v.) quiere de lo que recibían por cuenta de la obra a realizar (fl. 124 v.).

Materiales

El documento en estudio aún provee algunas informaciones sobre los materiales usados en la obra hidráulica del castillo del *Monte do Brasil*, explícitamente su identificación, características, proveedores y modo de adquisición.

Uno de los materiales cuya compra aparece más veces registrada, asociada a la obra, es el aceite; este era utilizado, con otros materiales «para fazer betun» que fue utilizado en la obra del encañado (fls. 72 v. - 73) y de las cisternas (fls. 119 v. - 120).

Blas Diaz, Luís Nuñez, Domingos Martinez y Juan Luis Limpio eran los proveedores de aceite; el local de comercialización era la ciudad de Angra, donde residían todos los proveedores. Sólo Luis Nuñez es identificado como mercader (fls. 119 v. - 120)

En dos partidas se registra también la compra de 1340 arcaduces de barro «para com eles conduzir a água desde a fonte da cidade de Angra à fortificação do Brasil para serviço dela» (fls. 84 v. - 85).

La compra fue hecha a Domingos Gonçalves y Melchior Rodrigues, «mestres de fazer hollas de barro» (fls. 91 - 91 v.), habiendo sido concertado el precio a pagar y lo «tamanho que deveriam ter» los arcaduces (fls. 84 v. - 85). Fue realizada en dos veces primero 1100 unidades, en 2 de Enero de 1594, y después más 240, en 8 Abril del mismo año «para acabar de conduzir a água» (fls. 91 - 91 v.).[11]

Se registra aún la compra de estopa que juntamente con el aceite y la cal permitía hacer el *betum* (fl. 123 v.); el proveedor de estopa era Diego Lopes.

Técnicas

Más raramente aparece en el documento la identificación de técnicas constructivas o de preparación de materiales. Destacamos el *betum* que era utilizado expresamente para asentar cantaría (fl. 123 v.) y para encañado del agua juntamente con arcaduces de barro y cal (fls. 72 v. - 73); el *betum* era preparado utilizando «aceyte, cal y estopa» (fls. 75 v. - 76 v.).

Cuanto a técnicas, la descrita con más pormenor está relacionada con el abastecimiento de agua al castillo del *Monte do Brasil*. El documento refiere que existían dos modos de encañado del agua «encañado con losas de canteria y dentro del arcaduzes embetunados y entupidos con cal y piedra» y «arcaduzes metidos en la piedra de tufo o tierra y embatanados y entupidos con cal y piedra». El encañado era intercalada «por arcas de piedra que en las ccxv braças de uno y otro encañado fueron de en trecho en trecho a donde parecio que eran neçessarias se pusieron» (fls. 93 v. - 94 v.).

Consideraciones finales

Es incuestionable el papel fundamental que desempeñan las fuentes escritas para el conocimiento más profundizado de un determinado edificio. Los elementos presentados en este estudio sobre las cisternas del Castillo del Monte de Brasil resultan fundamentalmente de la consulta de documentación escrita.

En una investigación es esencial conciliar diferentes tipologías documentales, pues el tipo de informaciones y contribuciones, grado de profundización y especificidad, que se recogen en las fuentes escritas varían en función de esas tipologías.

Privilegiamos la documentación contabilística, por ser inédita y porque suministra elementos particulares y determinantes para la definición de la historia, evolución y características de ese edificio y también para la historia de su construcción en particular y para la Historia de la Construcción en general en un dato momento cronológico y geográfico.

O sea, la documentación contabilística, que puede parecer limitativa, repetitiva y monótona va lentamente dejando trasparecer una riqueza y especificidad informativa que puede ser un importante recurso para la historia de la construcción; es necesario tener conciencia de sus particularidades para maximizar su potencial informativo.

Apéndice

Otras partidas refiriendo Pedro Taroca en el mismo documento, pero anteriores a la obra del castillo del Monte del Brasil:

Descripción	*Fecha del Recaudo*	*Fls.*	*Pagos*
Pago a Pedro Taroca, aparejador y *cauo maestro* y a los restantes maestros canteros, *muradores,* carpinteros, serradores, peones, *carreros, cabuqueros* y maestros de sacar de las pedreras que trabajaron en las obras y reparaciones que se hicieron en el castillo de S. Sebastian de la ciudad de Angra, desde 19 de septiembre hasta 29 de octubre de 1583.	31 octobre 1583	1 v.	Pago total: 385 escudos, 8 reales y 29 maravedis (131.201 maravedis) Maestres canteros y *muradores:* 2 reales y medio/día/maestre. Pedro Taroca: 3.376 maravedis/33 días; 3 reales/día.[12]

Descripción	*Fecha del Recaudo*	*Fls.*	*Pagos*
Pago Pedro Taroca, aparejador y *cauo maestro* y a los restantes maestros canteros, *muradores,* carpinteros, serradores, peones, *carreros, cabuqueros,* maestros de sacar de las pedreras y herreros que trabajaron en las obras y reparaciones que se hicieron en el castillo de S. Sebastian de la ciudad de Angra, desde 19 de septiembre hasta 19 de diciembre de 1583.	25 deciembre 1583	2 – 2 v.	Pago total: 331 escudos, 9 reales y 17 maravedis (112.863 maravedis). Maestres canteros y *muradores:* 2 reales y medio/día/maestre. Pedro Taroca: 84 reales castellanos (2.856 maravedis)/28 días; 3 reales/día.[13]
Pago Pedro Taroca, aparejador y a los restantes maestros canteros, carpinteros, peones, *cabuqueros,* diversos *carreros* que trabajaron en las fabricas y reparaciones que se hacían en los tres castillos de S. Sebastian, castillo viejo y S. Antonio, desde 17 de enero hasta 22 de abril de 1584.	22 abril 1584	3 – 3 v.	Valor total: 266 escudos, 6 reales, 14 maravedis y medio (90.758 maravedis e meio). Maestres canteros: 2 reales y medio castellanos/día/maestre. Pedro Taroca: 102 reales castellanos (3.468 maravedis)/34 días; 3 reales /día.[14]
Pago Pedro Taroca, aparejador y *cauo maestro* y a los restantes maestros canteros o *muradores,* carpinteros, *serradores,* peones, *carreros* que traigan piedra de mampostería y de tufo para hacer bóvedas y chimeneas, cal, arena, barro, agua y otras cosas para servicio de las obras y reparaciones que se hacían en los castillos de S. Sebastian, castillo viejo de los molinos y S. Antonio, por 26 días de trabajo, desde 23 de abril hasta 26 de mayo de 1584.	26 mayo 1584	4 v. – 5 v.	Pago total: 435 escudos, 29 maravedis y medio (147.929 maravedis y medio).
Pago Pedro Taroca, aparejador y *cauo maestro* y a los restantes maestros canteros y *muradores,* carpinteros, *serradores,* peones, *carreros, cabuqueros* y maestros de sacar piedra de las pedreras, que trabajaron en las obras y reparaciones de las fortalezas de la ciudad de Angra, desde 27 de mayo hasta 23 de junio de 1584.	23 junio 1584	6 – 6 v.	Pago total: 219 escudos, 1 real y 33 maravedis (74.527 maravedis).
Pago Pedro Taroca, aparejador y *cauo maestro* y a los restantes maestros canteros y *muradores,* carpinteros, *serradores,* peones, *carreros, cabuqueros* y maestros de sacar piedra de las pedreras, que trabajaron en las obras y reparaciones de las fortalezas de la ciudad de Angra, desde 24 de junio hasta 29 de julio de 1584.	29 jul. 1584	6 v. – 7	Pago total: 206 escudos, 7 reales, 8 maravedis y medio (70.286 maravedis y medio).
Pago Pedro Taroca, aparejador y *cauo maestro* y a los restantes maestros o *muradores,* canteros, carpinteros, serradores, *cabuqueros,* peones y *carreros,* que trabajaron en las	30 setiembre 1584	8 – 8 v.	Pago total: 126 escudos, 3 reales y medio (42.959 maravedis).

Descripción	*Fecha del Recaudo*	*Fls.*	*Pagos*
obras y reparaciones de las fortalezas de la ciudad de Angra, desde 30 de julio hasta 30 de septiembre de 1584.			
Pago Pedro Taroca, aparejador y *cauo maestro* y a los restantes maestros canteros, *muradores,* carpinteros y *carreros* que trabajaron en las obras del castillo de S. Sebastian, desde 1 de octubre hasta 31 de diciembre de 1584.	31 diciembre 1584	9 v. – 10	Pago total: 73 escudos, 7 reales y 13 maradevis (25.071 maravedis).
Pago Pedro Taroca por dos hornos de cocer pan que hizo, uno en el castillo de S. Sebastian y otro en lo de S. Cristovam y fueron concertados en el dicho precio con los materiales.	2 setiembre 1586	15	Pago total: 8 escudos.
Pago Pedro Taroca, maestro cantero y emparejador, y a los restantes maestros canteros, carpinteros, *serradores, cabuqueros,* peones, carreteros y otras personas, los cuales oficiáis se ocuparon desde 16 de marzo hasta ultimo de mayo de 1587 en hacer una casa de la pólvora en el castillo de S. Sebastian y otras cosas de servicio del castillo.	6 junio 1587	20	Pago total: 256 escudos, 4 reales y 1 *quartillo* (87.184,5 maravedis). Maestres canteros: 2 reales y medio/día/maestre Emparejador: 3 reales/día. Pedro Taroca: 27 días a 3 reales/día.

Notas

1. Joana Balsa de Pinho, licenciada en Historia, variante Historia del Arte por la Facultad de Letras de la Universidad de Lisboa y doctoranda en Arte, Patrimonio y Restauración en la misma Universidad, con tesis sobre la influencia de las cofradías de la Misericordia en la Arquitectura quinientista portuguesa, con beca de doctorado de la Fundação para a Ciência e Tecnologia. Ha desarrollado actividad profesional en las áreas de la investigación científica en diversos proyectos, dinamización cultural, proyectos educativos y organización de exposiciones. Es autora de artículos y de comunicaciones en congresos, publicados en el ámbito de su actividad profesional y de investigación. Participó como asistente en diversos cursos, acciones de formación, coloquios y conferencias en Portugal y España sobre historia del arte, patrimonio cultural, conservación y museología.
   Contacto: joanabalsapinho@gmail.com
   Nos gustaría agradecer al Insituito Açoriano de Cultura, Dr. Jorge Bruno e Dr. Avelino Santos, la oportunidad de visitar y conocer el castillo de S. Juan Bautista después de casi año y medio estudiando documentación sobre su construcción y historia.
2. En el ámbito de este proyecto están a ser publicados los sumarios de los documentos y algunas reproducciones. *Vide* http://www.iac-azores.org/biblioteca-virtual.html
3. La primera referencia la esta designación es «castillo nuevo de Sant Philipe» y se encuentra en una partida del fl. 149, leg. 941, remitiendo para una libranza de 19 de Diciembre de 1598; hasta esa fecha es designado por castillo del *Monte do Brasil.*
4. Los varios libros de la cuenta de Martim Ruiz de Laris existentes en el Archivo General de Simancas suministran algunos elementos para su biografía, de los cuáles destacamos: fue nombrado pagador de la gente de guerra, obras y fortificaciones de la isla de S. Miguel inmediatamente después de la conquista española por una patente fechada de 12 de Agosto 1582 y firmada por Álvaro de Bazán, marqués de Santa Cruz; a 1 de Agosto de 1583, una otra patente del marqués de Santa Cruz, lo nombra para ejercer el oficio de pagador de la gente de guerra, obras y fortificaciones de las islas de

Azores y pasa para la isla Tercera (copia de la patente y traslado del *titulo* en AGS, CMC - 2ª ép., leg. 526); a 18 de Abril 1601 muere en la ciudad de Angra.

5. La existencia de dos ejemplares del libro II de la cuenta del pagador Martim Ruiz de Laris está relacionado con el proceso de confirmación de las cuentas de los oficiales: cada contador de resultas elaboraba los libros de *cargo* y *data*, glosando uno de los libros duplicados, comprobando las partidas de *cargo* y *data* y confrontando la relación jurada y firmada del pagador con otros documentos; *vide* nota 7.
6. Sobre el fondo Contaduría Mayor de Cuentas, su origen y organización *vide* la información disponibilizada en PARES - Portal de Archivos Españoles, http://pares.mcu.es/ParesBusquedas/servlets/Control_servlet?accion=2&txt_id_fondo=117087
7. Sobre este procedimiento y tipologías documentáis referidas *vide* Pinho 2007, 76–77.
8. Sobre el origen del nombre, antecedentes, historia, características, estrategia militar en que se integra y otras problemáticas del Castillo del Monte del Brasil, *vide* Lobo 1996; Melo 1939; Meneses 1987, 1: 211–235; Meneses 1996; Sousa 1996.
   Existe publicada documentación sobre la construcción del Castillo del Monte Brasil, *vide Documentação sobre os Açores existente no Archivo General de Simancas*, 1–4.
9. Pedro Taroca y Luis Mendez aparecen referidos en la documentación trabajando en las obras de fortificación anteriores a la construcción del Castillo del Monte de Brasil, *vide* apéndice.
10. Antonio de Puebla fue maestro campo de Azores de Junio de 1592 a Julio de 1597 (copia de la provisión del rey en AGS, CMC - 2ª ep., leg. 526); quien ejercía el cargo de *contador de la gente de guerra, obras y fortificaciones de las islas de Azores* era Hernando Ortiz (ejerció ese oficio de 1583 a Octubre de 1600; copia y traslado del *titulo* y *instrucción* para ejercer el oficio en AGS, CMC - 2ª ep., leg. 526) y quien ejercía el cargo de *veedor de la gente de guerra, obras y fortificaciones de las islas de Azores* era Gabriel de Ribera (ejerció ese oficio de Enero de 1585 a Abril de 1597; traslado del *titulo* en AGS, CMC - 2ª ep., leg. 526); para Anton Coll *vide* la nota 10.
11. Anton Coll, era *ingeniero por su majestad de las obras y fabricas del castillo de S. Filipe del Monte de Brasil*; recibió uno *titulo* dato por una cédula del rey fechada de 30 de junio de 1593; en esta cédula se ordena Anton Coll que fuera asistir en la fortificación de la isla Tercera que se mandó hacer en el Monte del Brasil, de acuerdo con a traza que se habrá de entregar por el Conde de Portalegre, capitán general de la gente de guerra de Portugal con un sueldo de 40 escudos al mes; existe una copia del *titulo* fechada 1616 en AGS, CMC - 2ª ép., leg. 515.
12. Esta situación puede estar relacionada con el número de brazas de encañado realmente realizadas; la obligación con el maestro Pedro Taroca preveía la ejecución de 200 brazas pero en la realidad fueron 215, lo que podrá haber llevado la una necesidad de mas arcaduces.
13. En este *recaudo* y en la misma rúbrica de pagos a maestros canteros y *muradores*, es referido también Pablo Taroca a quién se pagó 2.465 por veintinueve días de trabajo *a razon* de 2 reales y medio cada día y Luis Mendez que recibió 850 maravedis por 10 días de trabajo.
14. En este *recaudo* y en la misma rúbrica de pagos a maestros canteros y *muradores*, es referido también Pablo Taroca, que durante el tiempo indicado, trabajó 19 días y recibió 47 reales y medio (1.615 maravedis), *a razon* de 2 reales y medio cada día y Luis Mendez que recibió 42 reales y medio (1.445 maravedis) por 17 días de trabajo.
15. En este *recaudo* y en la misma rúbrica de pagos a maestros canteros y *muradores* es referido, inmediatamente a continuación de Pedro Taroca, Paulo Taroca, maestro cantero, que trabajó 24 días y medio y recibió 61 reales y 1 *quartillo* castellanos (2.082 maravedis y medio) y Luis Mendez, maestro cantero, que recibió 42 reales y medio (1.445 maravedis) por 17 días de trabajo.

Lista de referencias

Fuentes documentales

Archivo General de Simancas, Contaduría Mayor de Cuentas - 2ª época

Legajo 515

Legajo 520

Legajo 526

Legajo 941

Bibliografía

Dias, Francisco Maduro. 1966. «Angra do Heroísmo e o Castelo do Monte Brasil». *Monumentos*. 5: 42–49. Lisboa: Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais.

Documentação sobre os Açores existente no Archivo General de Simancas. 2004–2007. 1–4. Angra do Heroísmo: Instituto Açoriano de Cultura.
http://www.iac-azores.org/biblioteca-virtual.html

Lobo, Francisco de Sousa. 1996. «Um olhar militar sobre o forte». *Monumentos*. 5: 16–27. Lisboa: Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais.

Melo, Spinola de. 1939. *O castelo de S. João Baptista da ilha Terceira e a Restauração de 1640*. Angra do Heroísmo: Livraria Andrade.

Menezes, Avelino de Freitas. 1987. *Os Açores e o domínio filipino (1580–1590)*. Angra do Heroísmo: Instituto Histórico da Ilha Terceira.

Menezes, Avelino de Freitas. 1996. «A fortaleza do Monte Brasil: os propósitos da construção de uma atalaia no Atlântico». *Monumentos*. 5: 8–13. Lisboa: Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais.

Moreira, Rafael (dir.). 1989. *História das Fortificações Portuguesas no Mundo*. Lisboa: Alfa.

Mota, Valdemar. 1993–1994. «Fortificações da ilha Terceira (entre as ruínas e a revitalização)». *Boletim do Instituto Histórico da Ilha Terceira*. 51–52: 239–238. Angra do Heroísmo: Instituto Histórico da Ilha Terceira.

Neves, Carlos; Carvalho, Filipe Manuel. 1992. «Documentação sobre fortificações dos Açores». *Boletim do Instituto Histórico da Ilha Terceira*. 50: 365–426. Angra do Heroísmo: Instituto Histórico da Ilha Terceira.

Pinho, Joana Balsa de. 2007. «Fontes escritas e história da construção —contributos da documentação contabilistica». En Huerta, S. (ed.). *V Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, 1: 75–81. Instituto Juan de Herrera.

Sousa, Nestor de. 1996. «São João Baptista de Angra do Heroísmo: um programa italiano de fortaleza filipina e a sua ermida da Restauração». *Monumentos*. 5: 28–35. Lisboa: Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais.

Vieira, Alberto. 1987. «Da Poliorcética à fortificação nos Açores —Introdução ao estudo do sistema defensivo nos Açores nos séc. XVI-XIX». *Boletim do Instituto Histórico da Ilha Terceira*. 45: 1526–1565. Angra do Heroísmo: Instituto Histórico da Ilha Terceira.

La scala dell'Imperatore: una *vis de Saint-Gilles* nel castello Maniace di Siracusa

María Mercedes Bares

Il castello Maniace di Siracusa è un edificio che appare caratterizzato da chiare finalità residenziali [ma forse mai abitato dal suo committente] da una singolare tipologia e da inedite scelte costruttive. L'edificio è connotato da una grande sala, di oltre duemila metri quadrati, coperta da un innovativo sistema di crociere, con la campata centrale caratterizzata da insoliti sostegni a fasci di tre colonne, a indicare forse una funzione e una copertura differente.

Inoltre sono presenti al suo interno grandi e sproporzionati camini, piccoli spazi privati a ridosso delle torri angolari, scale più o meno complesse che raggiungono un secondo livello che doveva, con ogni probabilità, essere previsto fin dal progetto iniziale.[1]

Tuttavia è la torre Est del castello quella che contiene l'elemento più singolare, dalle forme straordinariamente complesse, probabilmente il più significativo nel mondo della costruzione federiciana. Si tratta di una scala a chiocciola con volta elicoidale la cui realizzazione presenta virtuosismi che non sembrano avere paralleli immediati, come si evince ad esempio dalla complessità del disegno dei conci di raccordo tra la volta del vano di accesso alla torre e quella elicoidale della scala. Da dove derivano queste straordinarie soluzioni? (figura 1).

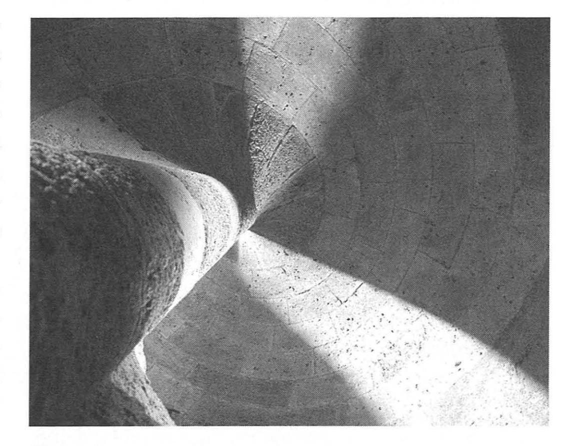


Figura 1
Castello Maniace, Siracusa, scala a chiocciola della torre est con volta elicoidale detta *vis de Saint Gilles* (foto dell'autore)

Questa tipologia di scala —totalmente tralasciata nei contributi sull'architettura federiciana, a parte alcuni casi[2] (Agnello 1935; Alberti 1995), e in generale nella storiografia italiana, ma ben nota invece in Francia e Spagna dove la stereotomia costituisce una scienza di notevole importanza e tradizione (Rabasa Díaz 2000; Zaragozá Catalán 2003)— è conosciuta tra gli specialisti come *vis de Saint Gilles*.[3] Per spiegare questa insolita e del tutto *gratuita* conformazione, per nulla economica né funzionale, sono state proposte diverse letture. Lo studioso francese Perouse de Montclos —ma anche Arturo Zaragozá è della stessa opinione— ha segnalato una possibile matrice romana: la *vis de Saint Gilles* trarrebbe origine, tra altri esempi, dalla volta elicoidale della rampa del mausoleo di Adriano (Pérouse de Montclos 2001, 143–146).

Se questa soluzione era nota, non si può escludere che esistano motivazioni ideologiche nella scelta: potrebbe trattarsi a tutti gli effetti di una scala imperiale. La vicinanza con il vano dove è raffigurato il presunto volto di Federico e altri insoliti elementi [un piccolo accesso *segreto* e una fessura nella scala che permette la vista della grande sala] potrebbero confermare che in questa parte del castello si trovavano gli appartamenti destinati all'imperatore.

L'aggravio di costi che comportò la costruzione della scala verrebbe quindi spiegato dal desiderio di emulare un antico modello romano o comunque dalla volontà di enfatizzare il carattere imperiale della residenza.

E' necessario innanzitutto sfatare tutti i dubbi legati alla datazione di questa struttura, sorti per giustificare la diversità con le altre scale a chiocciola della fabbrica siracusana. In realtà, la continuità costruttiva con il vestibolo detto *bagno di Federico* —assolutamente integro nella sua conformazione originaria— esclude l'ipotesi che la torre sia stata interessata da crolli o oggetto di demolizioni complessive, come è avvenuto per la torre nord.

Come è noto il castello siracusano, realizzato nella prima metà del XIII secolo, è stato oggetto nel corso dei secoli di numerosi interventi, dal periodo angioino ai recenti lavori di restauro. La stessa torre est è stata sottoposta a un intervento nello sbocco sul terrazzo attuale, utilizzando elementi in calcestruzzo al fine di difendere la scala dalle acque piovane. Sostenere una realizzazione tardiva della scala, proprio per l'articolato sviluppo geometrico e per gli ammorsamenti predisposti sul perimetro, equivarrebbe a ipotizzare la ricostruzione totale della torre [costituita da un grosso muro a sacco dello spessore di tre metri]. Un'operazione di svuotamento —inevitabile per la rimozione di una eventuale precedente scala a chiocciola, simile a quelle presenti nelle altre torri— appare quindi pressoché impraticabile, come confermano anche la qualità costruttiva e i dettagli di finitura che risultano analoghi ad altri elementi stereotomici di pregio, ad esempio quelli presenti nella scala del *bagno della regina*.[4] Inoltre va segnalato che sono stati rinvenuti numerosi segni dei lapicidi incisi sulle superfici interne della scala in oggetto, riscontrabili anche in molti altri settori della fabbrica sveva. Va poi considerato l'aspetto economico legato ai lunghi tempi di realizzazione che un tipo di scala come la *vis de Saint Gilles* comporta. La copertura elicoidale è una macchinosa complicazione aggiuntiva che non risponde ad alcuna esigenza funzionale, mentre tutti gli interventi realizzati nel castello dal Quattrocento al Settecento sembrano ispirati a una corretta manutenzione, o a adattamenti dettati da nuove destinazioni d'uso, e non a sfoggi rappresentativi.

La *vis de Saint Gilles* prende il suo nome dalla omonima cittadina del sud della Francia dove —forse prima della costruzione del castello siciliano?— è stata realizzata nel campanile della cattedrale una scala analoga a quella del Maniace (figura 2).[5] L'opera di *Saint Gilles du Gard* fu meta di veri e propri pellegrinaggi del *Compagnonnage*, la corporazione dell'arte muraria, che considerandola un mitico capolavoro di stereotomia ne fece oggetto di studio con l'obiettivo di svelarne il segreto. Si tenga conto che tra i membri della stessa corporazione, conoscere il *layout* di questa singolare struttura veniva considerato un simbolo di potere.

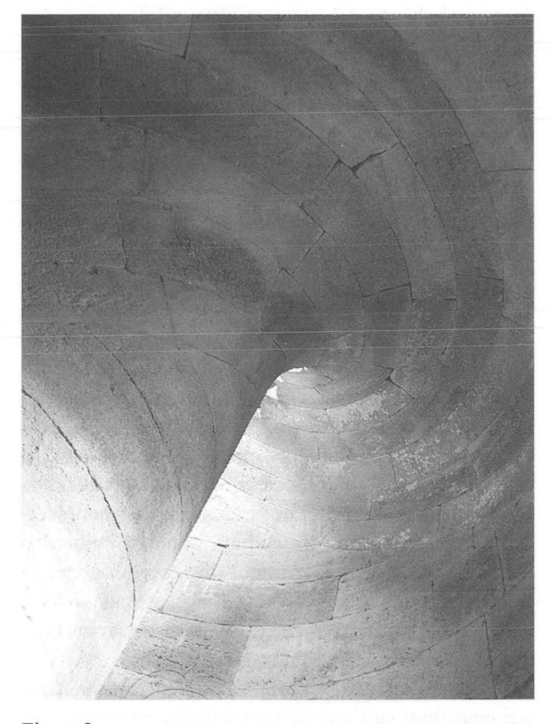


Figura 2
Abbazia di *Saint Gilles du Gard*, *Languedoc*, scala a chiocciola con volta elicoidale della torre campanaria. Il nome *vis de Saint Gilles* proviene da questo prototipo (foto dell'autore)



Figura 3
Abbazia di *Saint Gilles du Gard, Languedoc*, ultimi gradini della scala che mostrano l'incastro degli stessi al nucleo centrale per una profondità di 10 cm circa. Si evince il criterio costruttivo diverso rispetto a quello della *vis* di castello Maniace (foto dell'autore)

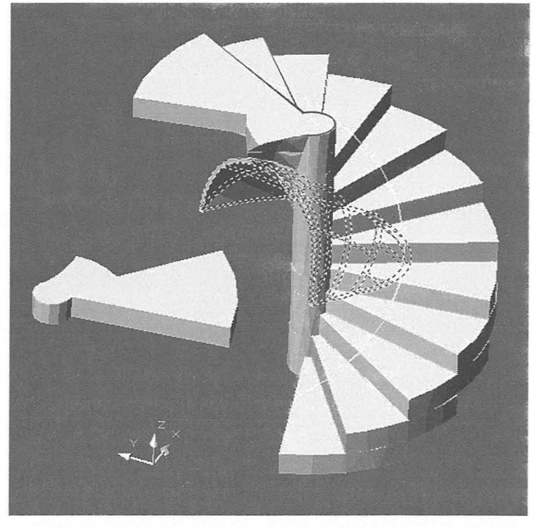


Figura 4
Schema tridimensionale della scala con volta elicoidale e del «concio tipo» del castello Maniace (elaborazione grafica: M. M. Bares, V. Belfiore, A. Morana, L. Rao)

Il modello della *Languedoc* offre analogie, ma anche molte differenze, con la soluzione di castel Maniace. Se c'è una similitudine tipologico-geometrica e una sostanziale somiglianza nell'apparecchiatura dei conci della volta, differenti sono invece i criteri usati per i gradini: a *Saint Gilles du Gard* sono incastrati per una profondità di dieci centimetri nella grande colonna centrale, del diametro di circa 85 cm, mentre nel caso di Siracusa il concio-gradino è esso stesso l'elemento costituente il pilastro centrale, avente un diametro di circa 30 cm (figuras 3–4).

La *vis* di *Saint Gilles* con i suoi 103 cm di luce non è confrontabile ai 135/6 cm di quella di castello Maniace, che risulta pertanto più ampia di circa il 40%. Quest'ultima dimensione potrebbe consentire il doppio senso di marcia, sfruttando a pieno il diametro interno della torre che non è significativamente più grande di quella francese. A parte la vicinanza formale con l'esempio francese o con quanto trascritto nei taccuini di Alonso de Vandelvira e nel trattato di Philibert de L'Orme, la scala di Siracusa presenta aspetti specifici di singolare valenza stereotomica. Gli incastri più interessanti sono determinati dai conci dell'ossatura centrale, in particolare per la complessità di sagomatura e di attacco dei gradini che vanno dal decimo al quattordicesimo, di quelli cioè che formano anche parte dell'intersezione tra le due volte a cui si è già accennato [cilindrica ed elicoidale], generando stravaganti solidi con facce aventi più inclinazioni. Il decimo e l'undicesimo concio sono intagliati in un unico blocco calcareo e conformano l'imposta della volta, mentre il resto dei conci «di intersezione» si dispone lungo l'arco fino al quattordicesimo che opera come «chiave-gradino» (figura 5).

I blocchi successivi sono caratterizzati da un disegno ripetibile, con gli stessi criteri di risparmio e serializzazione dell'intaglio delle più diffuse scale a chiocciola con colonna centrale. L'elemento monolitico preso in considerazione è infatti composto da una sezione cilindrica [avente un'altezza di 21 cm] da cui si sviluppa il blocco trapezoidale del gradino, mentre il lato opposto è caratterizzato dalla presenza di un *dente* predisposto per fungere da imposta di ogni tratto della volta elicoidale. Con questo meccanismo si supera la necessità della realizzazione di una ulteriore ammorsatura a sviluppo elicoidale nell'anima centra-

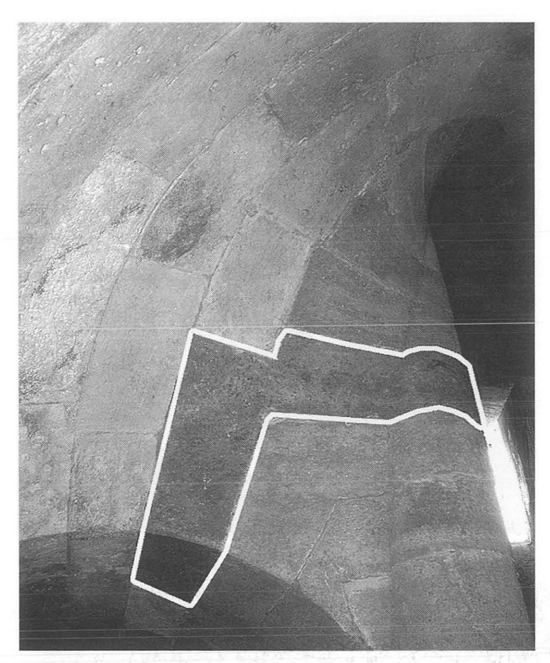


Figura 5
Castello Maniace, *vis de Saint Gilles*, conci complessi di attacco tra la volta cilindrica e quella elicoidale con evidenziato il concio di chiave (foto dell'autore)

le della scala, come spesso previsto nella trattatistica. E'stato notato da Arturo Zaragozá (2007, 12–13) che nel trattato manoscritto di Ginés Martinez de Aranda ([1600] 1986) si presentano due disegni diversi per la *vis de Saint-Gilles*: uno sarebbe quello tradizionale, l'altro invece, detto «Caracol en vuelta en circunferencia de hiladas atravesadas alrededor de un macho redondo» presenta una soluzione, per il pezzo centrale, simile a quella siracusana. De La Rue presenta un particolare di questo tipo di ammorsatura e descrive un elemento simile ma soltanto come un' estensione del nucleo centrale, senza tenere conto del gradino, con la didascalia «Noyeau construit par tambours rachetans la premiere retombée du berceau de la Vis» (De La Rue 1728). Una dimostrazione che il prototipo di castello Maniace può avere influenzato i modelli successivamente diffusi dalla trattatistica stereotomica spagnola e francese (figura 6).

Inoltre, bisogna tenere conto che la praticità di un tale accorgimento è funzionale anche all'economia di cantiere perché consente la standardizzazione dei blocchi costituenti il nucleo centrale e guida il posizionamento dei gradini. Questo particolare *design* del pezzo centrale costituisce uno dei motivi che conferiscono unicità alla *vis* di castello Maniace. Altri dati dimensionali e formali che risultano sostanziali al fine di svelare la complessa geometria della vis di Siracusa sono i seguenti: il numero di gradini che compongono una spira di 360° è pari a 18 e di conseguenza coprono un angolo di 20° ciascuno. Considerando l'altezza media del gradino pari a 20/21 cm, risulterà che ciascuna spira si eleva di circa 3,78 m. Il numero totale dei gradini originali è di 52 (a cui si somma quello pressoché rettangolare alla base), che formano quindi poco meno di 3 spire per una altezza totale di circa 11 m. L'inclinazione dell'asse della volta elicoidale rispetto al piano di terra è di 26°. L'asse verticale del cilindro che forma il pilastro centrale sembra risultare tangente alla semicirconferenza dell'intradosso della volta: in questo modo la sezione «a vista» della volta sarebbe in realtà una porzione di semicirconferenza. Un' ulteriore diversità rispetto alle altre vis, in quanto la volta si avvolge non lungo la superficie esterna del pilastro centrale bensì a partire dal suo centro.

Si consideri inoltre che i modelli precedenti —e comunque i più antichi di questa tipologia come la

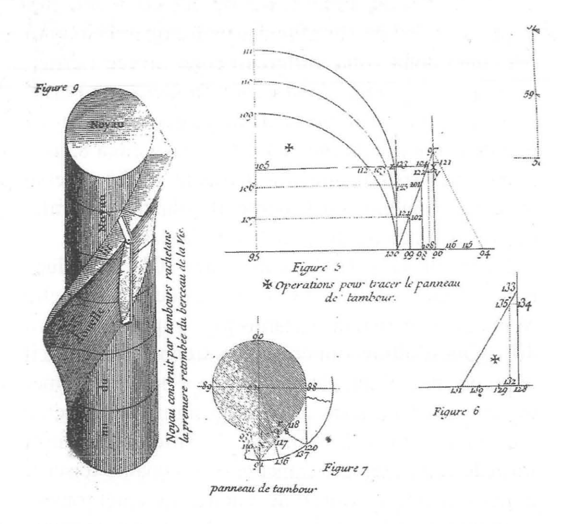


Figura 6
Particolare del nucleo centrale della *vis de Saint Gilles* (De La Rue 1728)

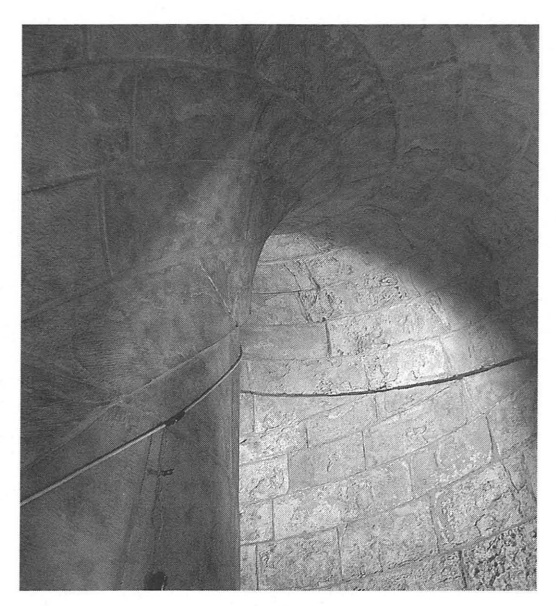


Figura 7
Porta di *Bab-al-Nasr*, Cairo, scala a chiocciola con volta elicoidale detta *vis de Saint Gilles* (foto: F. Mannuccia)

già citata *vis* della Languedoc e quelle del Cairo (figura 7), di cui parleremo più avanti— sono stati concepiti con logiche costruttive più semplici o in ogni caso diverse dal punto di vista stereotomico. Joël Sakarovitch (1998) afferma che questo tipo di scala potrebbe essere costruito seguendo diversi metodi d'intaglio e in nessun caso può essere concepito senza l'ausilio di un disegno di riferimento, soprattutto considerando esempi in cui la luce interna è di dimensioni contenute entro due metri.

Rondelet, nel suo trattato, riferisce a proposito del tracciato della volta elicoidale: «Il *trait* di questa volta passa per uno dei più difficili del taglio delle pietre, poiché tutte le superfici dei conci sono deformate e gli spigoli a doppia curvatura» (Rondelet 1802). Mettendo a confronto gli esempi qui presentati, si evince la necessità di un disegno che stia alla base di questi azzardi architettonici. Possiamo solo immaginare, a partire dalla presenza tra i marchi incisi dai lapicidi nel castello di Siracusa, di una *spirale di Archimede*[6] —un disegno analogo a quello inserito nella celebre raccolta di Villard de Honnecourt[7]— che si tratti di una prova indiretta della conoscenza dei grafici utilizzati nei cantieri francesi della prima metà del XIII secolo (figura 8). Il tracciamento della volta elicoidale di castel Maniace, anche ricorrendo alla standardizzazione di certi elementi, poteva prefigurarsi con certezza solo facendo riferimento a disegni o modelli in scala.

Gli aspetti più controversi, e necessariamente destinati a restare aperti, sono legati alle maestranze che hanno concepito e realizzato l'opera. Il riferimento al modello di *Saint Gilles du Gard* farebbe propendere per l'ipotesi che maestranze francesi fossero attive nel cantiere di Siracusa, come più volte suggerito dai noti collegamenti con l'ordine dei cistercensi. A complicare tale ipotesi di derivazioni da questa regione intervengono tuttavia alcune riflessioni di Pérouse de Montclos (2001, 143–146). Lo studioso infatti, pone alcuni dubbi sulla datazione della scala di *Saint Gilles*, evidenziando che i segni e le firme incise nella pietra risultano per lo più appartenenti al XVI secolo. L'autore sostiene che pur essendo in quell'area già conosciuto il tipo di scala con volta elicoidale —come dimostrano alcuni esempi limitrofi più facilmente databili— si tratta comunque di fabbriche molto meno pretenziose e prive dei caratteri di perfezione stereotomica. Pérouse de Mont-

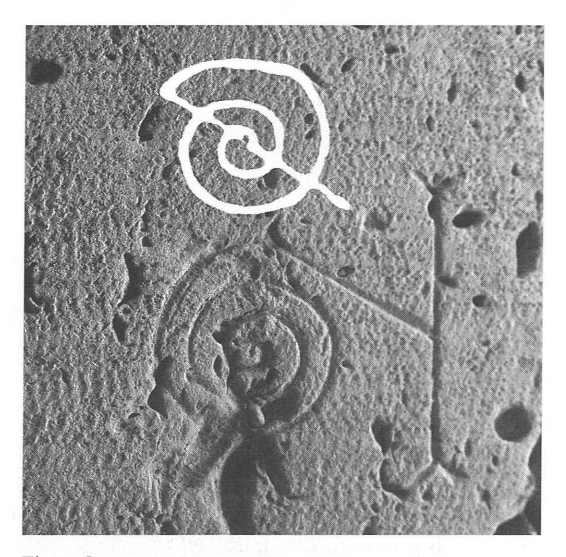


Figura 8
Confronto tra la spirale di Archimede (taccuino di Villard di Honnecourt, 1235 c.) e un segno di lapicida rilevato a castello Maniace che dimostra la conoscenza di queste geometrie (elaborazione grafica e foto dell'autore)

clos ventila quindi l'ipotesi che la realizzazione della scala di *Saint Gilles* appartenga pienamente all'epoca moderna —nel mondo tardogotico— in un momento cioè in cui ricerca matematica e stereotomia si saldano. Questa ipotesi è stata però recentemente contestata da quasi tutti gli studiosi dell'argomento che propongono una datazione che non vada oltre il XIV secolo.[8]

Tuttavia esiste un'altra area del Mediterraneo dove la scala —che continueremo a chiamare *vis de Saint Gilles*— è stata ritrovata in più versioni e con singolari, anzi più che inquietanti temi in comune con ciò che si realizzerà a Siracusa. Nelle mura della Cairo fatimita sono presenti infatti scale con questa conformazione, messe in evidenza da Creswell (1952) già negli anni cinquanta del secolo scorso. Le *vis de Saint Gilles* presenti nelle vicinanze della porta di Bab al-Nasr sono due: entrambe mostrano la caratteristica volta elicoidale con i conci curvi disposti in modo simile agli altri modelli, ma con dimensioni differenti. La luce di quella più grande arriva a 164 cm ca. e ha un nucleo centrale di grande diametro, simile costruttivamente al modello francese (figura 9).

Ambedue le *vis* hanno la particolarità di conservare l'originale configurazione sommitale —mancante al castello Maniace e a *Saint-Gilles du Gard*— dove la volta elicoidale viene interrotta da un muro perpendicolare che determina la via d'uscita (figura 10). Sappiamo che le scale dentro le fortificazioni di Bab-al-Nasr furono costruite a partire dal 1087 da Badr al Gamali, nell'ambito di un progetto di ampliamento e ricostruzione delle mura della città. Creswell ritiene plausibile l'intervento di architetti e maestranze cristiane in fuga dal principato armeno di Cilicia e nota come alcuni modelli architettonici siano di importazione siriana [come la porta di Bab-al-Futuh]. In queste strutture, oltre alle scale a *vis*, abbiamo individuato molti elementi che le collegano direttamente con il castello Maniace: all'interno delle mura si incontrano colossali volte a botte inclinate [descenda de cava], e le allora non comuni latrine. Sono oltre a ciò presenti anche ulteriori elementi di interesse stereotomico come volte sferiche, volte a crociera senza costoloni [bóvedas de arista] e un'interessante finestra ad angolo [con arco en rincón]. La funzione di queste scale in tale contesto, apparentemente legato solo alla difesa, è ancora misteriosa.[9] Infatti Creswell, notando la raffinata qualità della scala più grande, dice: «is a massive oblong tower containing a fine spiral staircase, 1,65 wide, perhaps the finest ever built for military purpose» (Creswell 1952, 166). In ogni caso, su molte soluzioni riscontrate al Cairo, è plausibile attendere nuovi importanti contributi.

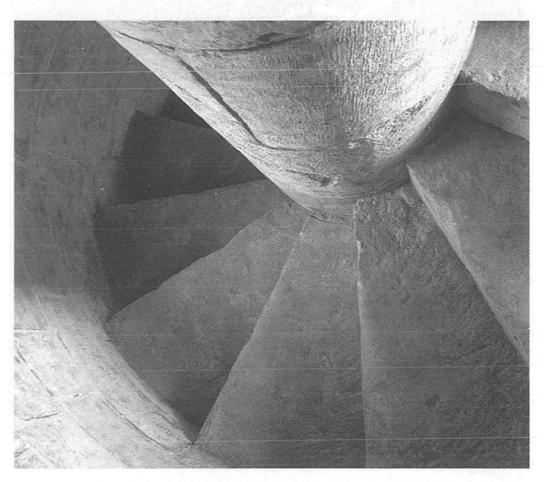


Figura 9
Porta di *Bab-al-Nasr*, Cairo, *vis de Saint Gilles*, si noti il sistema simile a quello della *vis* del *Languedoc*: gradini incastrati al nucleo centrale indipendente (foto: F. Mannuccia)

Il circuito di possibili riferimenti quindi si complica, sia in relazione a eventuali rapporti attivati dalle crociate, sia perché diventa a questo punto plausibile un'importazione del modello direttamente da Oriente. Nonostante le oggettive somiglianze tipologiche possano persino far pensare a un rapporto diretto, la distanza cronologica tra i due modelli e, come già evidenziato, la tecnica costruttiva sostanzialmente diversa ci consentono solo di ipotizzare diffusioni più tarde. Indagini sull'architettura edificata dai maestri al seguito dei crociati in Terra Santa o nelle numerose isole del Mediterraneo orientale potrebbero quindi chiarire molti lati oscuri sulla trasmigrazione di tecniche, modelli e maestranze.

Arturo Zaragozá Catalán (2007, 8–14) rileva che l'elemento di interesse fondamentale contenuto nel modello di Siracusa riguarda la sua diffusione successiva specialmente nei domini della corona di Aragona, dove l'accelerazione tecnica è caratterizzata dalle novità apportate dallo sviluppo della stereotomia. Grazie alla recente scoperta di Miguel Sobrino (2005, 197–214), un esempio significativo, sicuramente il più simile alla scala di Federico, si è potuto

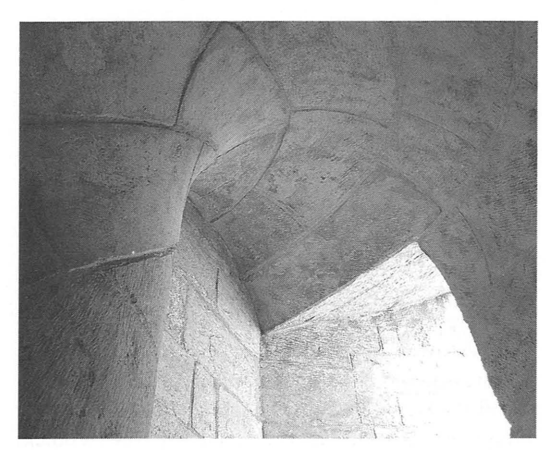


Figura 10
Porta di *Bab-al-Nasr*, Cairo, *vis de Saint Gilles*, parte terminale di uno dei modelli della volta elicoidale interrota da un muro perpendicolare che definisce l'uscita sul terrazzo (foto: F. Mannuccia)

riscontrare nel modello della cattedrale di Barcellona:[10] la scala elicoidale, situata nella torre che corrisponde alla porta di S.Ivo, sembra essere stata costruita per permettere al monarca di raggiungere l'edificio religioso, probabilmente in occasione della sistemazione del confinante Palazzo Reale. L'opera si potrebbe datare a inizio Quattrocento, ai tempi del re Martino I di Aragona, che aveva vissuto in Sicilia prima di essere incoronato re e, a quanto pare, era stato sedotto in quel tempo, dall'idea di prelevare gli arieti bronzei ellenistici che decoravano il portale di castello Maniace. Sempre secondo Zaragozá (2007, 8–14) il fatto che i re della Corona di Aragona si considerassero eredi politici di Federico II deve aver comportato un precoce riflesso nell'architettura di quel periodo riscontrabile sicuramente, tra altri numerosi esempi, in questo singolare manufatto. La differenza sostanziale di questa scala rispetto a quella di Siracusa risiede nel fatto che la volta elicoidale inizia con un totale di otto filari di conci curvi e senza il «concio tipo», imposta della volta. Poi, ad una determinata altezza, sempre comunque all'inizio, compare il concio d'imposta, molto simile a quello del castello di Siracusa, che riduce il numero dei filari della volta a 6, proprio come a Castel Maniace (figuras 11–12). Nonostante la qualità costruttiva non raggiunga i livelli della scala siciliana la somiglianza nella tecnica esecutiva è sorprendente. Si rilevano anche particolari riscontrabili in entrambe le scale come l'architrave curvo delle finestre a feritoia. Abbiamo soltanto alcuni dati dimensionali che enumeriamo: l'altezza media dei gradini è di circa 22 cm, il vano scala è di circa 100 cm, mentre il nucleo centrale risulta di 30 cm. La quantità totale di gradini è molto elevata, più di cento sicuramente, e si riscontrano anche diverse uscite lungo l'ascesa. La parte sommitale della struttura presenta una sezione di toroide che si dipana dall'asse centrale. Tuttavia una soluzione *comoda* segna le difficoltà costruttive con cui dovettero confrontarsi le maestranze di Barcellona: l'unione tra l'imposta della volta elicoidale e l'intradosso della parete verticale della torre è un concio modanato, che si sviluppa lungo tutta l'elica, e che aiuta a definirne più facilmente i confini. La soluzione di Siracusa, invece, presenta un unico giunto che si raccorda *serenamente* con l'intradosso del muro, creando una morbida continuità.

Un altro esempio inedito, riferibile a quest'ultimo ambito, è stato rintracciato nel castello reale di Noto Antica [Siracusa] dove, a seguito dello studio delle



Figura 11
Cattedrale di Barcellona, *vis de Saint Gilles*, attacco tra il concio tipo e la volta a otto filari elicoidali (foto dell'autore)



Figura 12
Cattedrale di Barcellona, *vis de Saint Gilles* (foto dell'autore)

sagome dei frammenti di una scala a chiocciola,[11] possiamo affermare che siano appartenuti a una *vis de Saint Gilles* (figura 13). Infatti la scala, di cui rimangono undici gradini e che supponiamo fosse di almeno 100 cm di luce, aveva un nucleo centrale di forma cilindrica del diametro di 15 cm. Ogni elemento, costituente il nucleo stesso, forma un unico blocco con il gradino e contiene il *dente* di imposta dell'arco della volta, esattamente come la *vis* del castello Maniace, da cui evidentemente deriva, e come quella della cattedrale di Barcellona.

Secondo una ricostruzione ipotetica della scala e avvalendoci della traccia incisa sui blocchi che determina la linea di sovrapposizione degli stessi, risulta che ogni gradino è ruotato di 30° rispetto all'altro. Quindi, per realizzare un giro completo di 360° ci vorrebbero dodici gradini e, considerando che l'alzata di ognuno è di 25 cm, si raggiungerebbe un'altezza complessiva per spira di 3 m. L'altezza totale della struttura non può essere ipotizzata in quanto, pur supponendo che la scala si trovasse nella torre *mastra*, risulta tuttavia priva della parte sommitale perché crollata nel 1693.

L'interpretazione di questo rinvenimento ci consente di ricostruire un ulteriore legame tra la Sicilia e la corona di Aragona. Infatti i frammenti architettonici sono stati rinvenuti nell'area del castello di Noto Antica dove sappiamo che nel 1424 un ordine viceregio dispone la riparazione del *castillo nuevo* con fondi della Secrezìa di Noto.[12] E' inoltre documentato il completamento, nel 1430, della torre maestra del castello, voluta da Pietro D'Aragona (1424–1439), duca di Noto e fratello del re Alfonso il Magnanimo: «Castellum eximio vetus ornavere decore/ Fornicibusque novis munitum et turribus altis».[13] La torre *mastra*, conservata insieme a gran parte della cortina muraria e parzialmente ricostruita, presenta anche altri interessanti elementi di stereotomia come l'arco incurvato [en torre cavada y redonda] della porta d'ingresso. Successivamente, nel 1550, il viceré Giovanni de Vega —completando la realizzazione del programma del suo predecessore che mirava a potenziare tutte le fortificazioni dell'isola— inviava nella Sicilia Orientale Andrea Arduino, *Protettore del Real Patrimonio* per realizzare un sopralluogo nelle città di Catania, Lentini, Noto e Siracusa. Arduino era accompagnato dal nuovo *Regio Architetto*, l'ingegnere militare Pietro Prado che era subentrato al Ferramolino. In occasione della visita alla Torre di Vendicari, costruita anch'essa da Pietro d'Aragona [nella quale fra l'altro si trova una scala a *descenda di cava*[14] come quella del castello di Siracusa], venne redatta una relazione dove si legge: «fece conoscere la detta torre la quale per la informatione che ne hebbe fo principiata dalo Infante don Petro de aragona Duca di Notho, et veramente lo principio della torre

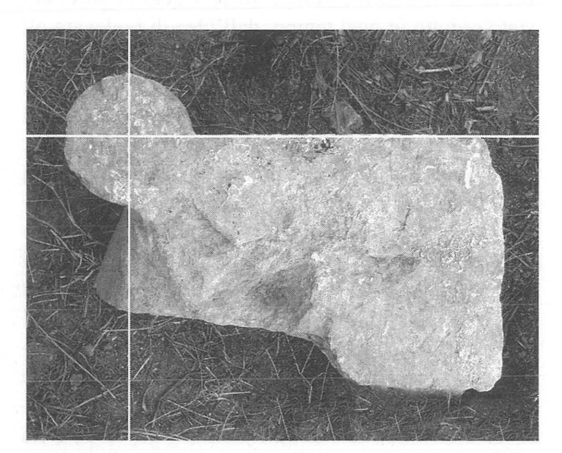


Figura 13
«Concio tipo» della *vis de Saint Gilles* del castello reale di Noto Antica (foto dell'autore)

et la opera, mostra che sia cosa reggia» (Gallo 1973, 61–62). Lo stupore che aveva prodotto nei visitatori la torre di Vendicari dimostra quanto fossero maestose le costruzioni realizzate dal duca Pietro, motivo per cui non sorprende che la torre maestra del castello reale dell'antica Noto fosse dotata di una *vis de Saint Gilles* —unico altro esempio conosciuto in Sicilia— duecento anni dopo l'avventura costruttiva di Federico a Siracusa.

Così non deve neanche sorprendere di ritrovare nel corso del tardo Cinquecento due *vis de Saint Gilles* a Malta (Nobile 2007), nel palazzo del Gran Maestro a Valletta e nella residenza extraurbana di Verdala. Sebbene a pianta ovale, questi manufatti —entrambi collegati all'attività dell'ingegnere e architetto Girolamo Cassar— possono costituire un ulteriore punto di contatto e una *riscoperta*, probabilmente più facile e immediata, per chi si occupava di difese e costruzioni militari e poteva pertanto accedere al castello Maniace.

NOTE

1. Le tipologie di scale presenti nel castello Maniace, riferibili all'impianto duecentesco, sono tre: quella a unica rampa e con volta a botte inclinata (*decenda de cava*) detta del «bagno della regina», la scala a chiocciola con colonna centrale nelle torri sud e ovest, forse presente anche nella torre nord (crollata a causa dell'esplosione della polveriera nel 1704), e infine la scala oggetto di questo saggio. Per approfondimenti sul castello e le tecniche costruttive qui adottate rimando al mio studio: (Bares 2006) e in particolare per la *vis* di castello Maniace si veda (Zaragozá Catalán, Bares, Nobile 2007, 7–28).
2. Bisogna segnalare che Giuseppe Agnello non ha notato l'eccezionalità della scala est perché ai tempi era murata e se ne vedeva solo una parte, secondo l'archeologo si tratta infatti di una volta aggiunta dopo il terremoto: «La torre est integra sebbene coperta d'intonaci ... una controvolta nasconde la bella scanditura elicoidale della primitiva... le feritoie sono in gran parte chiuse, come chiuso è lo sbocco al terrazzo superiore da un muro provvisorio che si eleva al quattordicesimo gradino» (Agnello [1935] 2001, 77–80). Salvatore Arturo Alberti, in un recente contributo, evidenzia la qualità costruttiva del manufatto: «La scala posta a nord-est è priva di mensole di appoggio perché l'intradosso è a tutto sesto. E' proprio nella realizzazione di questa scala che la capacità degli intagliatori raggiunge il vertice» (Alberti 1995, 379).
3. Il nome proviene infatti dai manoscritti di Alonso de Vandelvira e Philibert de L'Orme. Il manoscritto del Vandelvira dal titolo *Libro de tracas de cortes de piedra...* (1575–1591), non è più esistente ma è stato copiato più volte. Si veda sul argomento Palacios Gonzalo ([1990] 2003). Il trattato di Philibert de L'Orme dal titolo *Le premier tome de l'Architecture* (Paris 1567), presenta i primi diagrammi della scala, proponendone anche due metodi diversi di realizzazione. In seguito molti altri autori si occuperanno dell'argomento.
4. La scala detta «della regina» è caratterizzata da una copertura con volta a botte inclinata, chiamata dalla trattatistica spagnola cinquecentesca *decenda de cava recta*. Si tratta di una soluzione consueta anche in epoca romana (si pensi alla «discesa in cavea» degli anfiteatri) ma che nel caso del castello appare risolta con una precisione di dettaglio nell'ammorsamento dei conci, di altissima qualità.
5. La soluzione di *Saint Gilles* è famosa e molto studiata. Di questo modello esiste tutta una serie di analisi geometriche, dal Cinquecento con Philibert De L'Orme —il primo a citarla— fino all'inizio del XIX secolo, quando Gaspar Monge chiarisce molti aspetti riguardanti la sua complessa morfologia avvalendosi della geometria descrittiva e facendone argomento principale delle sue celebri lezioni a *l'Ecole Polithecniche* (1794–1809). Luc Tamborero (2006), in un recente saggio, analizza in dettaglio i differenti metodi utilizzati dai trattatisti francesi (P. de L'Orme, M. Jousse, G. Desargues, P. de la Hire e G. Monge).
6. La 'spirale di Archimede' è un tipo di spirale uniforme, in cui la larghezza delle spire è costante. La semplicità del suo tracciato ha contribuito a diffondere il suo utilizzo per la progettazione di vari elementi architettonici dalle forme complesse.
7. Il disegno si trova nella tavola n. 40 del taccuino. Si veda Erlande-Brandeburg et al. (1988).
8. Colgo l'occasione per ringraziare tutto il gruppo docente del *master* «*El arte de la piedra. Teoria y practica de la canteria*», organizzato a Madrid nel luglio del 2007 nella *Universidad CEU S. Pablo*. In particolare: José Carlos Palacios Gonzalo, Enrique Rabasa Díaz, Alberto Sanjurjo Álvarez, Giuseppe Fallacara, Claudio D'Amato Guerrieri, Joël Sakarovitch, Luc Tamborero, José Calvo López e Miguel Sobrino per le discussioni avute e per i contributi sul tema della *vis de Saint Gilles*.
9. Tenendo conto però che le porte costruite da Badr-al-Gamali [Bab-al-Nasr e Bab-al-Futuh] sono addossate alla moschea al-Hakim, motivo per cui è stato realizzato l'ampliamento di quel settore di mura; le porte costituiscono anche l'ingresso alla cittadella sede degli Imam [massima autorità religiosa del mondo fatimita].

10. Ringrazio qui il prof. *Joan Domenge i Mesquida che gentilmente ha organizzato la visita che ci ha consentito di studiare la scala della cattedrale di Barcellona.*
11. Lo studio dei frammenti è stato realizzato nell'ambito del progetto di fattibilità per il Museo Civico di Noto, con l'autorizzazione di Lorenzo Guzzardi, direttore della sezione archeologica della Soprintendenza di Siracusa, nonché direttore Onorario del Museo Civico di Noto, che qui si ringrazia. In particolare I frammenti di scala sono emersi durante lavori di sistemazione e consolidamento eseguiti dal Comune di Noto tra il 1982 e il 1984.
12. Va segnalato che fu questo l'anno in cui il duca Pietro prese possesso della città. «Fué una carta de los sennores virreyes dada en Cathania ... le enviaron mandar que del dinero de la secrecia sobredicha ... deviese despender en reparacion del castillo nuevo de la dicha Noto aquellas seys onces...» (Gallo 1978, 22).
13. Scrive Vincenzo Littara: «Il Duca Pietro costruì nella vecchia rocca una torre...che fu ultimata nel 1430 e da allora ha conservato il nome di torre maestra. Vi si leggono scolpiti questi versi: bis septingentos, viginti quattor annos/ egerat october christi nascentis ab anno/ cum dominus Netum Petrus illustrissimus infans/ gratis ab Alphonso sibi rege et fratre tributum/ possedit. cuius paritier mandata sequentes/ sanctius egregius miles, custodia castri/ secretus Neti, de ursone antonio ipsum/ castellum eximio vetus ornavere decore/ fornicibusque novis munitum et turribus altis» (Littara [1593] 1969, 69–70). L'epigrafe citata dall'autore è stata ritrovata nell'area del castello.
14. Un'altra scala simile si trova a Valencia nel *Real Monasterio de la Trinidad*, luogo di sepoltura di Maria de Castilla, moglie di Alfonso il Magnanimo e cognata di Pietro. Si veda Arturo Zaragozá Catalán (2003, 129–182).

Lista de referencias

Agnello, G. [1935] 2001. *L'architettura sveva in Sicilia*. Siracusa: Ristampa anastatica, Gruppo Editoriale Brancato, 77–80.

Alberti, S. A. 1995. «Siracusa, Il castello Maniace». In *Federico e la Sicilia. Dalla terra alla corona, «archeologia e architettura»*. Siracusa: catalogo a cura di C. A. Di Stefano e A. Cadei. Voll. 2, 377–408.

Balsamo, F. 2005. *Noto nel Medioevo*. 77–78. Noto.

Bares, M. M. 2006. *Stereotomia e tecniche costruttive nell'architettura del Mediterraneo: il castello Maniace di Siracusa*. Università degli Studi di Palermo: tesi di dottorato in «Storia dell'Architettura e Conservazione dei Beni Architettonici» (XVIII ciclo), tutors M. R. Nobile e A. Zaragozá Catalán.

Creswell, K. A. C. 1952. *The muslim architecture of Egypt, Ikhshids and Fàtimids, a.d. 939–1171*. Oxford.

De La Rue, J. B. 1728. *Traité de la coupe des pierres*. París.

Erlande-Brandeburg, A.; Pernaud, R.; Gimpel, J.; Beckmann, R. 1988. *Villard de Honnecourt. Disegni*. Milano.

Gallo, C. 1978. «Note sul castello di Noto e sul servizio di vigilanza notturna, dipendenze della secrezìa netina». *Atti e memorie del ISVNA*, IX: 22.

Gallo, C. 1973–74. «Noto nella lotta contro i turchi sotto i viceré Fernando Gonzaga e Giovanni de Vega (1542–1552)». *Atti e memorie del ISVNA*, IV-V: 61–62.

Martínez de Aranda, G. [1600] 1986. *Cerramientos y Trazas de Montea*. Madrid.

Littara, V. [1593] 1969. *Storia di Noto Antica dalle origini al 1593*. Roma: traduzione e note di F. Balsamo. 69–70.

Nobile, M. R. 2007. «La scala di Palazzo Verdala a Malta». *Lexicon, storie e architettura in Sicilia*. Rivista semestrale di Storia dell'Architettura, 4: 24–28.

Rondelet, J. B. 1802. *Traité théorique et parctique de l'art de bâtir*. Paris.

Pérouse de Montclos, J. M. [1981] 2001. *L'architecture à la francaise, du milieu du XV siècle à la fin du XVIII siècle*, Paris.

Palacios Gonzalo, J. C. [1990] 2003. *Trazas y cortes de cantería en el renacimiento español*. 149–184. Madrid.

Rabasa Díaz, E. 2000. *Forma y construcción en pietra. De la canteria medieval a la estereotomia del siglo XIX*. 364. Madrid.

Sakarovitch, J. 1998. *Èpures d'architecture. De la coupe des pierres à la géometrie descriptive XVI-XIX siècles*. Birkhauser.

Sobrino González, M. 2005. «Barcelona. Las razones de una catedral singular». *Goya. Revista de arte*. 307–308: 197–214.

Tamborero, L. 2006. «The "Vis Saint-Gilles», symbol of compromise between practice and science». In *Proceedings of the second International Congress on Costruction History*. Voll. 3, 3025–3040. Cambridge.

Zaragozá Catalán, A. 2007. «La escalera de caracol tipo Vis de Saint-Gilles». *Lexicon, storie e architettura in Sicilia*. Rivista semestrale di Storia dell'Architettura, N. 4: 8–14.

Zaragozá Catalán, A. 2003. «Arquitectura del Gótico Mediterráneo». In *Una arquitectura gótica mediterránea*. Valencia: catalogo della mostra (Valencia 2003) a cura di E. Mira e A. Zaragozá Catalán. Voll. 2, 105–192.

Zaragozá Catalán, A; Bares, M. M.; Nobile, M. R. 2007. «La scala detta Vis de Saint-Gilles nel Mediterraneo». *Lexicon, storie e architettura in Sicilia*. Rivista semestrale di Storia dell'Architettura, N. 4: 7–28.

Las cerchas metálicas de la Roma Antigua verificadas por Palladio. El caso particular del Panteón de Agripa

José Luis Baró
Guillermo Guimaraens
Juan María Songel

La madera ha sido el material más frecuentemente utilizado en la arquitectura antigua y medieval para atender a las solicitaciones de flexión en las armaduras de cubierta. Una solución constructiva atípica, no obstante, consistió en el empleo de cerchas metálicas confeccionadas a base de tablas o perfiles de bronce ensamblados mediante remaches o roblones. Esta técnica fue desarrollada por los arquitectos e ingenieros romanos y tuvo su paradigma en el pórtico del Panteón de Agripa.

Efectivamente, es sabido que Urbano VIII hizo retirar los bronces del Panteón para ser utilizados en la construcción del Baldaquino de San Pedro en el siglo XVII. Pero antes del expolio, Serlio y Palladio habían sido testigos directos, observadores y divulgadores de la realidad constructiva romana del pórtico. Los dibujos del Libro IV de Palladio (lám. LIII y LV) resultan especialmente elocuentes por su coherencia, dejando entrever su condición de arquitecto conocedor de los sistemas constructivos antiguos: apoyos, uniones ...

Palladio, convencido de que esta técnica era comúnmente utilizada en las edificaciones religiosas romanas, introduce cerchas de bronce en la reconstrucción de otros templos de su Cuarto Libro, en lugar de emplear las armaduras de madera de los palacios del Tercer Libro, como parecería más lógico.

La presente comunicación pretende cubrir varios objetivos. Por un lado, confirmar históricamente la realidad de las armaduras de bronce del pórtico del Panteón. En segundo lugar, explicar su funcionamiento desde el punto de vista estructural y su proceso constructivo. Finalmente, rastrear la posible utilización de esta técnica en otros edificios.

Cuando en 1570 Andrea Palladio (1508–1580) publica sus *Quattro Libri di Architettura*, está legando a la posteridad una obra ilustrada que recoge algunas de las maravillas arquitectónicas de la antigüedad romana. En muchas obras reconstruye la ruina idealizándola, pero, en otras, se limita a testimoniar la realidad que contempla; es el caso del Panteón, cuyos bronces del pórtico aún no han sido sometidos al expolio del papa Urbano VIII (1623–1644) que los destinaría a la ejecución del baldaquino de Bernini y a la fundición para artillar Sant'Angelo. El análisis de las láminas de Palladio nos permite recuperar la hipótesis de que la estructura adintelada del pórtico del Panteón de Agripa, estuviera ejecutada exclusivamente de bronce, y no se tratase de madera revestida de bronce como han sostenido numerosas fuentes. Se trataría de una solución estructural insólita, en la que estaríamos hablando de cerchas metálicas ejecutadas en el siglo II de nuestra era, que serían sustituidas por la actual armadura de madera. La presente comunicación pretende descifrar a partir de una mirada arquitectónica qué fue lo que el arquitecto renacentista observó (figura 1).

La visión de Palladio centrada en el pórtico del Panteón

Cuando se analizan los dibujos de Palladio, no se puede olvidar que era un arquitecto, un arquitecto

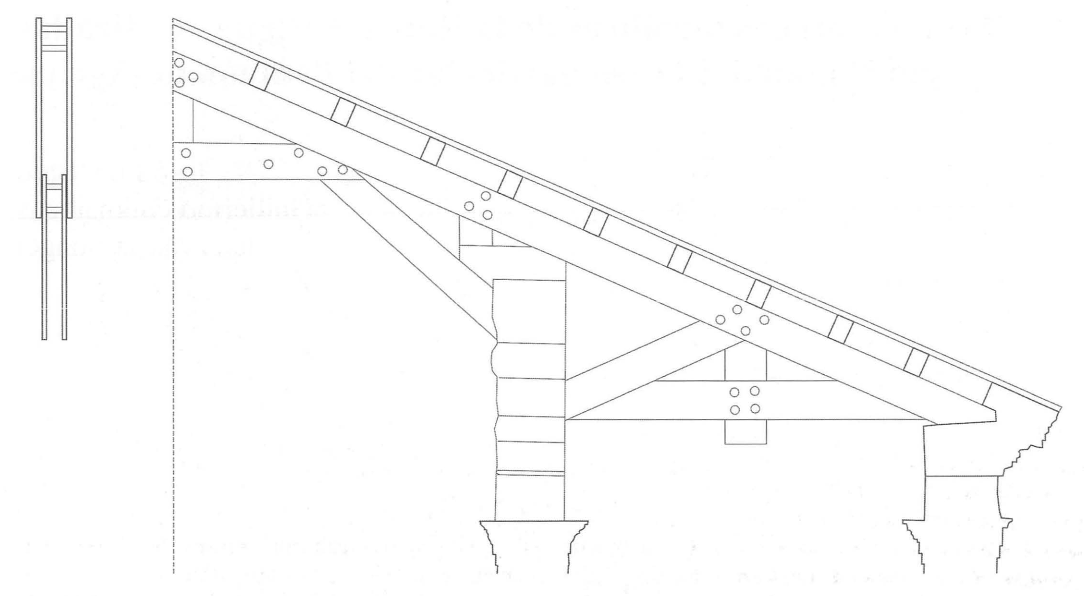


Figura 1
Cercha del Pórtico del Panteón planteada por Palladio (G. Guimaraens)

centrado en su profesión, lo que permite afirmar que era consciente de los problemas estructurales y constructivos a los que se enfrentaba la arquitectura, consciente de que los proyectos debían ser viables, no sólo técnica, sino también económica, funcional distributiva, e incluso, psicológicamente, en lo que a los promotores respectaba.

Junto a esta implicación profesional, hay que citar el origen cantero del arquitecto, que caracteriza esa carga realista y pragmática de su trabajo teórico, que le incita a eludir fantasías en aras de una fidelidad en la representación del detalle constructivo.

Ambos aspectos hacen de la obra dibujada de Palladio una obra única dentro de las aportaciones de la tratadística renacentista, pues, al analizar sus dibujos, no nos encontrarnos con meros alardes gráficos, sino con documentos a través de los cuales el arquitecto aspira a conocer los problemas de las obras que analiza con el objeto de, más adelante, resolver sus propios problemas en la práctica profesional.

Todo ello hace que el dibujo de Palladio no se limite a testimoniar la ruina, sino que la interpreta y la reconstruye de acuerdo con esa interpretación. Es por esto por lo que las láminas del Panteón no deben verse como una fotografía de la realidad, sino que nos deben dar las claves de qué es lo que su autor ha interpretado; ello supone adentrarse en la mente de Palladio y entender su contexto, para, a partir del dibujo, poder deducir qué es lo que él creyó ver.

A pesar de este complejo punto de partida, es cierto que la pericia gráfica de Palladio nos facilita esta comprensión: sus láminas son un instrumento para la comprensión arquitectónica y no una representación con exclusivas pretensiones plásticas.

De entrada opta por la proyección plana, dibujos en planta, alzado y sección; opta por desmenuzar las partes de la arquitectura para su mejor comprensión; y, por supuesto, opta por presentarlas en verdadera magnitud dando importancia al valor de la medida. Como él mismo sostiene «... se aprende mucho más en poco tiempo de los buenos ejemplos con el medirlos y con el ver en una pequeña hoja los edificios enteros y todas sus partes ...» (Palladio 1570. III, 5).

Precisamente es el Panteón de Adriano, también conocido como de Agripa, el edificio en el que más se detiene, no en vano es la gran referencia de la arquitectura de la antigüedad romana. A él dedica diez láminas de su tratado donde reconstruye las termas

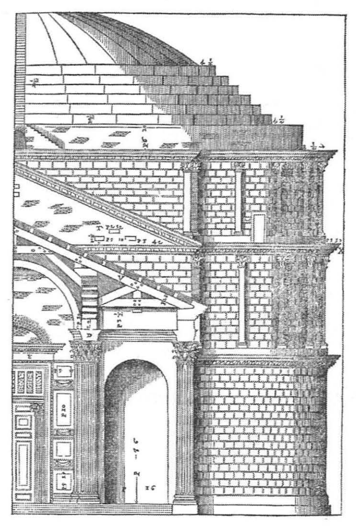
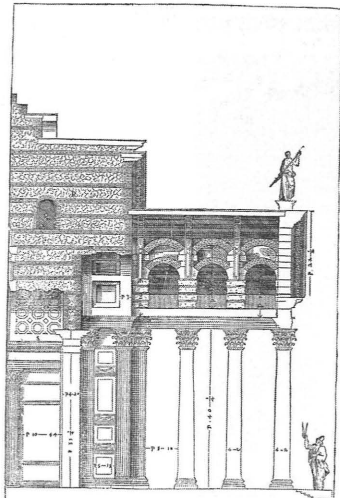
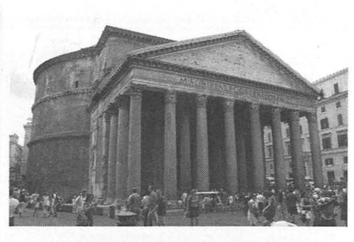





Figura 2
Láminas de Palladio donde se muestra la sección longitudinal y transversal de pórtico del Panteón (Palladio 1570, IV, 77, 79), acompañadas de fotos del estado actual del pórtico (Fotos: G. Guimaraens)

precedentes o lanza hipótesis sobre la distribución de sus piezas.[12] Y, concretamente, son las láminas 77 y 79 del tratado palladiano las que recogen los detalles que nos ocupan en la presente comunicación. Láminas en las que son aplicadas sus convenciones gráficas más usuales a fin de facilitar la comprensión: ordenación, texturas, superficies seccionadas, sombreados, espesor de línea ...

Nos basta la proyección en sección transversal y longitudinal del pórtico para comprender perfectamente qué ha querido representar. Si en un primer nivel nos acerca a la comprensión del objeto con la simultaneidad de su visión en planta alzado y perfil, en un segundo nivel nos ofrece la comprensión tectónica del conjunto, es decir, muros y elementos envolventes; dejando para un tercer nivel el lenguaje ornamental, que se apoya en adornos del tipo recercados de puertas, ventanas, cornisas ... detalles que parecían ser la principal preocupación de los tratadistas de su tiempo en aras de la definición lingüística de la arquitectura.

Sustentándose en grosores de líneas, rayados y tramas, condicionado por las exigencias de impresión, Palladio nos indica en sus láminas qué planos se encuentran por encima de otros; dónde hablamos de un plano seccionado; qué es una línea de proyección ... Así, las líneas definen aristas; los rayados de trazo paralelo o en malla reticular definen volúmenes y, en ocasiones, los mismos cortes; y, finalmente, las tramas nos hablan de materialidad.[2]

De esta exposición se colige, que, bien sea el mismo Palladio quién dibuja las láminas, bien un colaborador, el objetivo de las láminas de su tratado no es otro que testimoniar nítidamente una idea arquitectónica de acuerdo con un criterio de representación homogéneo. De tal modo que, en esta investigación, podemos partir de la base que cada línea, continua o interrumpida, cada trama, cada sombreado, tienen una razón de ser.

Si procedemos a detenernos en la lámina que ilustra una visión frontal seccionada del pórtico del Panteón (figura 2) inmediatamente nos llama la atención la cercha que sustenta la cubierta a dos aguas, apreciándose con nitidez cada uno de los encuentros de sus barras, incluso la disposición intencionada de los pasadores de la estructura que más adelante analizaremos.

Si simultáneamente, para facilitar la comprensión global, analizamos la lámina que ilustra el corte longitudinal de la armadura, debemos observar cómo el

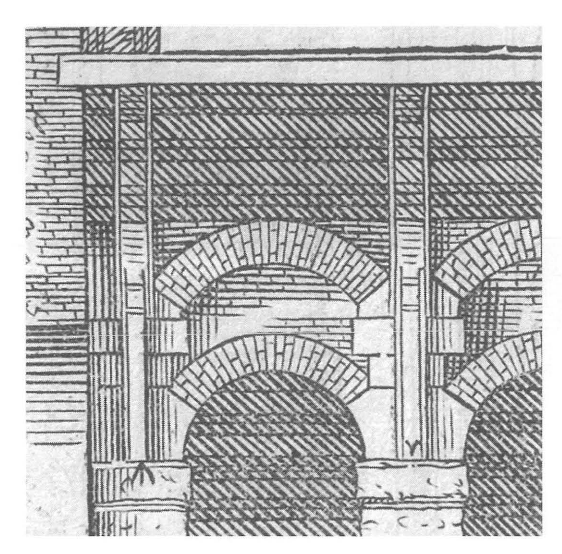
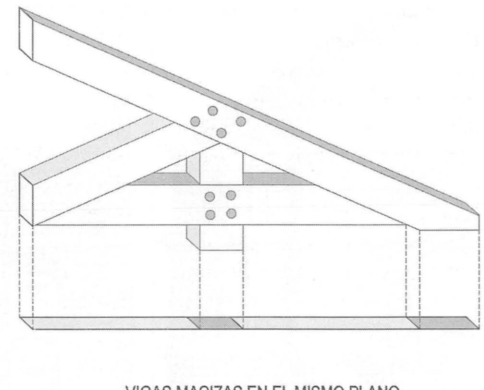
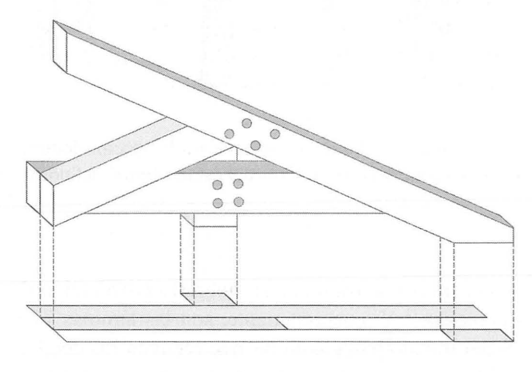


Figura 3
Detalle de la sección del perfil palladiano (Palladio 1570, IV, 79).





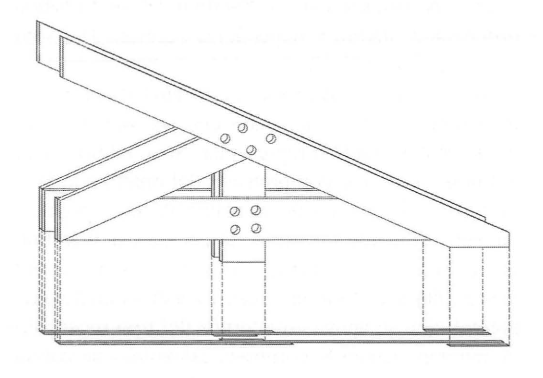


Figura 4
Reconstrucción de la Cercha Palladiana a partir de los encuentros entre barras dibujados por Palladio. Superior: Barras macizas en un mismo plano; Medio: Barras macizas en planos superpuestos; Inferior: Perfiles huecos

autor se interesa en delinear la sección de sus barras, al menos en lo que respecta al vano central, como barras constituidas por pletinas de reducido espesor; y, lo que resulta más interesante, las representa huecas; ya que se preocupa por representar el rayado del plano inferior de cubierta pasando entre las pletinas que constituyen las vigas, un gesto en absoluto gratuito para un dibujante (figura 3).

El análisis minucioso del dibujo comparado con la realidad nos permite entender otros aspectos relacionados con la historia del pórtico y que tendrían que ver con el supuesto desmontaje de la cubierta del mismo en el momento de su expolio y su posterior reconstrucción alterando la altura original de la estructura de arcos de ladrillo y soportes de sillar sobre los que se apoyaban las antiguas cerchas, hoy sustituidas por una estructura de madera.

Palladio y la asimilación de la estructura metálica para cubiertas

Mucho se ha escrito sobre el Panteón, pero la información en torno a la armadura desaparecida del pórtico es un tanto confusa. Lo primero que hemos aclarado a partir del dibujo palladiano es que lo dibujado

responde realmente a una estructura formada por gruesas pletinas de bronce. No se trataba de una armadura de madera convencional, como pudiera pensarse en un primer momento, ya que en aquel caso se habría resuelto mediante uniones propias de la tradición de la carpintería de armar, como el rayo de Júpiter o la cola de milano, pero no mediante pernos o bulones pasantes. Tampoco podría ser, como han señalado otros autores, una solución mixta de madera revestida con planchas de bronce. Como hemos comentado, Palladio representa perfectamente el vacío entre las dos chapas que conforman los perfiles, en la sección del pórtico. Por otra parte, un refuerzo formado por una pletina de bronce habría tenido sentido en la parte inferior de las piezas sometidas a flexión, no en los laterales, cuestión que puede deducirse intuitivamente al observar los casos de rotura de las fibras traccionadas en casos de sobrecarga. Acaso se podría interpretar algo así en el caso de los jabalcones, sometidos a compresión y expuestos al pandeo, al observar que Palladio interrumpe entre las pletinas el despiece de la sillería. Sin embargo, incluso en este caso, podría entenderse como una licencia del dibujante para que se aprecie mejor el bulonado.

La segunda cuestión tiene que ver con la forma específica de los elementos de esta armadura. Choisy, que acepta la idea de una estructura enteramente metálica, considera que se trataba de «piezas en U [invertidas], ejecutadas con tres piezas de bronce enlazadas con pasadores de bronce»,[3] de modo que las caras verticales integrarían la parte resistente y la del fondo evitaría, principalmente, el pandeo lateral. El estudioso francés no pudo conocer directamente la pieza, por lo que debió inspirarse en los dibujos de Serlio y Palladio, o sobre todo, en el texto de Donati, que nos habla de vigas formadas por tres pletinas, dos verticales y una horizontal apoyando sus extremos en las anteriores, y claveteando las uniones transversalmente (Donati 1638). Sin embargo, Choisy, como veremos más adelante, desvía la interpretación, ya que si Serlio representa perfiles en U para las correas, no lo hace en el resto de elementos, que podrían interpretarse en el dibujo como dobles pletinas. El dibujo de Palladio enfatiza este carácter de chapas independientes al hacernos ver, en la sección, la prolongación de las correas proyectadas en el plano del tablero de la cubierta. Tenemos, por tanto, dobles pletinas que se solapan en planos paralelos, pero no perfiles en U aparte de las correas. Además, incluso para estas últimas, resulta extraño pensar en la unión de elementos independientes por su borde, cuando el material hubiera permitido fundir perfiles con la forma deseada sin demasiados problemas. Quizá deberíamos entender que al hablar de tres pletinas unidas entre sí, se refería a las triangulaciones de los perfiles principales de la propia armadura.

En tercer lugar, sorprende el excesivo canto de la cercha para resolver luces relativamente reducidas, sin grandes complicaciones constructivas.[4] Debemos tener en cuenta que su comportamiento también sería ambiguo, con piezas sin una función clara o directamente inútiles. Basta observar que Rondelet presenta una versión corregida de la armadura porque comprende que algo falla en el dibujo de Palladio. De hecho, son perfectamente prescindibles los tres montantes y resulta ridícula la presencia de los pequeños apoyos montados sobre ménsulas sobre los muretes con arcos entre las columnas intermedias del pórtico.

Pensemos en la estructura sometida a carga y en su deformación hipotética. Los pilares de fábrica montados sobre las columnas centrales y las propias columnas de los bordes se pueden considerar apoyos articulados que impedirían un desplazamiento vertical. La forma triangular de la armadura introduce empujes que deben contrarrestarse con tirantes, pero éstos son importantes sólo cuando nos encontramos ante grandes luces. En el vano central aparece un primer tirante, apeado por dos jabalcones. Estos jabalcones estarán sometidos a compresión por soportar parte de la flexión de los pares, aunque dada la proximidad de los apoyos reales, este esfuerzo es reducido y podrían haberse eliminado. Más bien parece que están colocados en ese punto para sujetar el falso techo en forma de medio cañón que existió allí. Los encuentros extremos, sobre todo los superiores, descartan también una rigidización como las de las cúpulas encamonadas.

Respecto a los vanos laterales de la armadura, están sobredimensionados. Habría sido suficiente únicamente con los jabalcones interiores, como en las naves de las basílicas paleocristianas, o quizá ni eso, ya que la luz es bastante reducida. Y, como comprendió Rondelet, la distancia es demasiado pequeña como para necesitar tirantes, y, mucho menos, montantes auxiliares. De hecho, todas estas complicaciones se eliminaron en la armadura de madera que la sustituyó en el siglo XVII.

¿Cómo es posible tanta irracionalidad en una obra tan magnífica como es el Panteón de Roma? Se podría pensar en una etapa pionera y experimental, pero debemos recordar que unas décadas antes se habían empleado estructuras metálicas para cubrir más de 25 metros de luz en la Basílica Ulpia de Trajano. Una posible explicación sería considerar que las armaduras y las correas del pronaos del Panteón procedían de otro lugar y que después se adaptaron a la nueva situación. Y, por las dimensiones de las piezas, no sería descabellado considerar que éstas podrían haber formado parte de la cubierta de la Basílica Ulpia, en el Foro de Trajano. De hecho, Pausanias describe maravillado un techo ejecutado enteramente en bronce,[5] mientras que en el Panteón la estructura del pronaos debería de quedar oculta. Durante la Edad Media, cuando se destruyó la basílica, podrían haberse trasladado al Panteón, convertido en iglesia, algunas de las grandes cerchas adaptándolas a la nueva situación de los apoyos intermedios y sobre todo a la presencia de la bóveda de medio cañón central. Esto habría obligado a cortar parte del tirante inferior y los pendolones laterales, desplazando también hacia arriba el nudillo central.

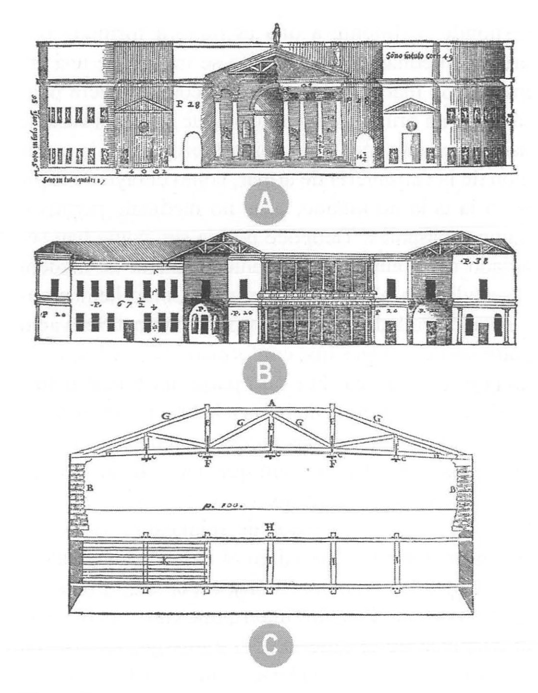


Figura 5
En la parte superior (a) encontramos la representación que Palladio hace del Templo de *Mars Ultor* (Palladio 1570, L. IV, cap. VII). En el centro (b), el atrio toscano (ibid., L. II, Cap. IV). En la parte inferior (c), el puente de Cismone (ibid., L. III, Cap. VII)

Abandonando la Antigüedad y trasladándonos al Renacimiento, resulta fascinante observar que Palladio no sólo representó con detalle la estructura metálica del pronaos del Panteón, sino que además la trasladó, corregida y mejorada, a su reconstrucción ideal de otros edificios de Roma. Concretamente la encontraremos en los templos de Júpiter, de *Mars Ultor*, de Neptuno, de Nerva Trajano y de Antonino y Faustina. La propia experiencia como arquitecto, el análisis del comportamiento estructural de los puentes y su gran intuición técnica, acaso comprobada con modelos a escala, le permitirían superar las deficiencias comentadas en el Panteón e idear esquemas de cerchas muy similares a las desarrolladas a partir del siglo XIX, con la aparición del hierro.

Palladio llegó a comprender perfectamente la diferencia entre las habituales cerchas de madera, sometidas a las leyes de los ensamblajes de carpintería de armar, y las modernas estructuras metálicas formadas por perfiles bulonados en los nudos. El mejor ejemplo de este dominio de la situación es la reconstrucción del templo de *Mars Ultor* donde, no sabemos si por alarde o por descuido, nos presenta dos hipótesis de soluciones diferentes. Una de ellas aparece en la lámina primera (figura 5.A), a tamaño muy pequeño, puesto que lo que se presenta es una visión del conjunto. Se trata de una solución modélica pensada para ser construida en madera, que utiliza también en la lámina dedicada al atrio toscano (figura 5.B) y que está sin duda inspirada en la ingeniosa estructura de celosía que él mismo observó en el Puente del Cismone (figura 5.C). A partir de este puente, Palladio hizo evolucionar la armadura romana convencional añadiendo un doble juego de jabalcones pareados en los pendolones laterales. Es interesante observar cómo duplica el par entre el apoyo y el pendolón para no debilitarlo al ejecutar el encuentro en cola de milano, necesario para que la pieza vertical trabaje a tracción correctamente.

Sin embargo, Palladio también propone una armadura metálica para el templo de *Mars Ultor*. En la cuarta lámina recoge una sección completa del tem-

plo en su *cella*, cubierto con la ayuda de una gran cercha metálica inspirada en la armadura del Panteón. Esta cercha recrea una estructura triangulada ideal, que recuerda a las realizadas en madera, pero con un comportamiento estructural diferente. En una cercha de madera convencional, tendríamos dos pares inclinados, apeados por jabalcones comprimidos que trasladarían sus solicitaciones a la pieza central, el pendolón, siempre traccionado y separado físicamente del tirante inferior, sometido también a tracción pura. En el dibujo de Palladio, la pieza central deja de ser un pendolón y pasa a convertirse en un montante, comprimido al transmitir carga al cordón inferior, que ya no puede considerarse tampoco propiamente un tirante. La misma función tienen los otros dos nuevos montantes, que no aparecen en las estructuras lígneas. En este contexto, las barras inclinadas no resultarán comprimidas, sino traccionadas, al evitar la deformación inducida en el cordón inferior, ahora flexotraccionado. En definitiva, todos los elementos han cambiado su comportamiento simplemente al alterar las relaciones establecidas en los nudos. Evidentemente, en una obra de madera se tiende a hacer trabajar las piezas a compresión, limitándose las tracciones a mínimos que puedan ser absorbidos por un encuentro en cola de milano (pendolón) o rayo de Júpiter (tirante). En el caso de una estructura metálica ocurre lo contrario, puesto que la resistencia del material a tracción es mucho más elevada, pero acusa los problemas de pandeo en secciones demasiado delgadas. De hecho, en el diseño de la cercha del templo de *Mars Ultor* Palladio comete un error al copiar el modelo del Panteón, ya que los montantes laterales aparecen dibujados como la pletina central, única, con lo cual no tendría suficiente inercia como para resistir un pandeo transversal. Ante esta falta de rigidez, las barras inclinadas trabajarían como en una estructura de madera, introduciendo una compresión en el centro de la pieza.

Este modelo se repite tal cual en el Templo de Neptuno aunque se puede apreciar que aquí los montantes laterales se doblarían al pasar ya por delante de las barras inclinadas que, sometidas únicamente a tracción, tienen bastante con ser pletinas únicas. El modelo evolucionado es el que aparece en las láminas dedicadas al templo de Nerva Trajano y de Antonino y Faustina, lo que nos sugiere que Palladio tuviese previsto inicialmente colocar el Templo de Neptuno entre el de *Mars Ultor* y estos dos últimos. En ambos casos se observa que Palladio dispone todos los montantes en primer plano, con lo que les otorga la máxima inercia en el plano perpendicular, ya que son las únicas barras sometidas a compresión y con posibilidad de pandeo. En el caso del templo de Nerva, es el único de los referidos anteriormente donde se detalla la sección de las piezas de la armadura. A diferencia de lo dibujado en el Panteón, aquí se hace coincidir el plano de todas las pletinas. Además, se elimina la proyección del fondo y se añaden nuevas líneas junto a los bulones, que sugieren una estructura en cajón. Palladio está aquí reinventando una Antigüedad perfecta, tal como el desearía que hubiera sido, a partir del modelo real y con múltiples problemas que contempló en el Panteón.

Respecto al templo de Júpiter se representa únicamente el patio y se recurre a cerchas de menor luz y mucho más convencionales. Presenta dos propuestas muy similares, donde la prolongación del pendolón enfatiza su comportamiento teóricamente traccionado. De la más pequeña cuelga un artesonado, inspirado en lo visto en el Panteón, aunque necesita prolongarla inferiormente para permitir acoplar los elementos colgantes (figura 6).

Viabilidad de una gran estructura de bronce en la Roma del siglo II d. C.

La producción del bronce, que ha dependido en gran medida de la capacidad de suministro del preciado estaño,[6] está en alza en la Roma del siglo II. Si bien el bronce había sido desbancado por el hierro más de 1300 años atrás, posiblemente a raíz de alguna dificultad surgida en el comercio del estaño que lo había convertido en un producto de lujo, destinado a elementos ornamentales o a la acuñación de moneda, es cierto que en los momentos en que se reactiva el comercio de su componente más preciado, o se facilita el acceso a sus yacimientos —como podría ser a raíz de las conquistas romanas de Hispania, la Galia o, más adelante, *Britannia*—, la producción de bronce vuelve a incrementarse. Precisamente el gobierno de la dinastía Antonina encarna uno de esos momentos de opulencia, donde el éxito de las campañas militares, aporta fluidez comercial allende las fronteras y conduce a la adquisición de deslumbrantes tesoros enemigos, como sucede en el caso de la campaña Dacia con el tesoro de Decébalo (101–106 d. C.), y,

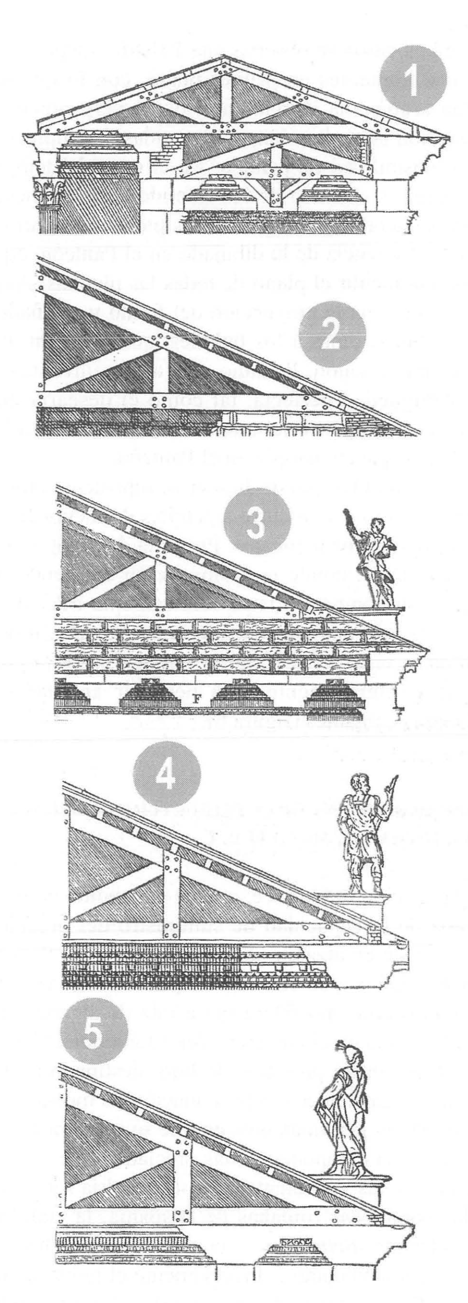


Figura 6
Armaduras de los templos dibujados por Palladio. De arriba abajo: 6.1. Júpiter (Palladio 1570, L. IV, Cap. XII); 6.2. Mars Ultor (ibid. cap. VII); 6.3. Neptuno (ibid. Cap XXXI); 6.4. Nerva y Trajano (ibid. Cap. VIII) 6.5. Antonino y Faustina (ibid. Cap. IX).

especialmente, a raíz del control de determinados puntos de explotación minera, una vez agotados los tradicionales yacimientos, como podrían ser los nuevos yacimientos de oro y plata dacios, o los de estaño en *Britannia*, con la contención de la sublevación Britana por parte de Adriano (115–122 d. C.).

Así pues, en el momento en que se emprende la construcción del Panteón, podemos afirmar que no es descabellado asumir el derroche de bronce en una estructura experimental, que acabará embebida, porque se dispone de abundante materia prima, y, especialmente, porque se dominan sobradamente técnicas para operar con la misma, incluso para resolver la soñada solución de un perfil de sección continua. Lo vienen haciendo griegos, etruscos y romanos resolviendo formas más complejas si cabe que una cercha de pletinas metálicas. El campo de la escultura en bronce es una realidad, y el método de la cera perdida o microfusión,[7] ha permitido confeccionar obras tan perfectas como los bronces de Riace, y numerosas piezas de dimensión colosal que se diseminan por el mundo conocido, como testimonian innumerables autores clásicos como Plinio, Pausanias o Filón de Bizancio.[8] Este último se explaya haciendo referencia al gran mito en bronce de la antigüedad, el Coloso de Rodas. Una construcción que admiró a los antiguos por sus dimensiones, pero cuya viabilidad pocos cuestionaron.[9] De hecho, como veremos más adelante, a ningún autor posterior, especialmente Palladio y muchos de sus contemporáneos, les extraña suponer estas cerchas construidas en bronce. Las dudas, como sostiene Adam (1989, 230), se centrarían en dirimir si hablamos bien de «*vigas metálicas perfiladas*», la «*opción más atrevida*» según él; bien de revestimientos decorativos; o bien de una estructura mixta en que las placas de bronce actúan de refuerzo de un alma estructural de madera. Si bien el debate al respecto no se podrá cerrar nunca, lo que sí parece claro es lo que Palladio interpreta de acuerdo con sus dibujos.

La visión de otros autores contemporáneos a Palladio

En lo que a la documentación gráfica respecta podríamos destacar las láminas de Sebastiano Serlio,[10] o las representaciones que recoge Licht de Philibert de l'Orme (1510–1570), Giovanni Antonio Dosio

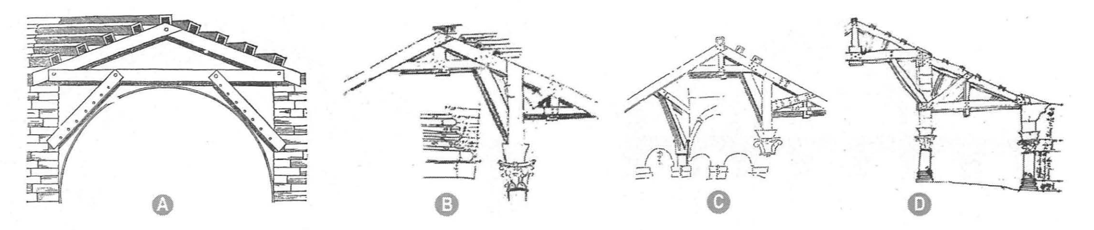


Figura 7
De izquierda a derecha: Representación de la cercha del Panteón de Serlio en la traducción de Villalpando (Serlio, 1552. III, sin paginación. Entre láminas VII y VIII); Representación Philibert de l'Orme; Giovanni Antonio Dosio y una lámina de autor anónimo (Licht, 1968, 52–53)

(1533-ca.1609) o de un autor desconocido (Licht, 1968, 52–53). Éstas tres últimas se presentan en perspectiva y nos permiten ampliar con cierta claridad el conocimiento acerca de las supuestas armaduras de bronce del Panteón (figura 7).

En primer lugar, porque se descubre que el desdoblamiento de pletinas afecta a todas las barras: pares, tirantes, montantes y jabalcones. Aunque, como decíamos con anterioridad, no se aprecia si se trata de dobles pletinas sin más o piezas en U vistas desde el lado abierto. En segundo lugar, es destacable comprobar cómo el trazado de la armadura es similar en todos los dibujos, salvo el de Serlio, que omite el montante central. Por otra parte, la posición del tirante del vano central también ofrece diferencias: Palladio, De l'Orme y Dosio lo sitúan por encima del nivel de los apoyos, por tanto, con una longitud más corta que el vano. Finalmente, existe plena coincidencia con Serlio a la hora de mostrar las correas en U invertidas, incluso en la colocación de la correa de cumbrera, pero sólo en lo relacionado con la sección de las correas. Palladio es el único que no detalla éstas últimas, o, al menos, no se aprecian como huecas.

Evidentemente, existen otros muchos testimonios gráficos como los de Sallustio, Peruzzi, Jacopo Sansovino o Cherubino Alberti, recogidos por Lanciani[11] y en los que no vamos a detenernos, en aras de no extender los contenidos de la presente comunicación (figura 8). No obstante no podemos dejar de hacer referencia a la aportación interpretativa, no testimonial, de autores decimonónicos como Rondelet o Choisy.

Si en el primero, ateniéndonos al grafismo empleado, se intuye que la sección supuesta para las barras está compuesta de pletinas paralelas unidas con bulo-

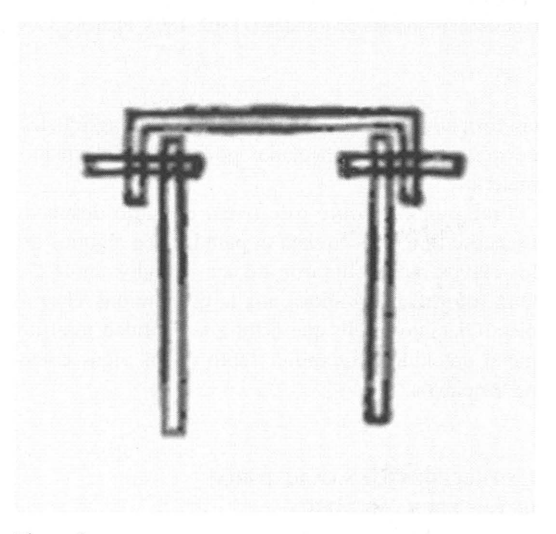


Figura 8
Perfil en U para la cercha del Panteón representado por Lanciani (1897, 483)

nes colocados al tresbolillo; para Choisy, fiel a la descripción de Donati, la armadura del Panteón está constituida por perfiles en U cuya pletina central se posiciona en el cordón comprimido de cada barra (figura 9).

Los testimonios escritos de los tratadistas del XVI y XVII, como Scamozzi,[12] Donati[13] o Nardini,[14] suelen coincidir en que nos encontramos con piezas de «puro bronce», sin embargo, Serlio[15] y Palladio,[16] se remiten a las figuras dibujadas y no abordan una profunda descripción textual, mientras que el resto, sí que se preocupa por incidir en que las armaduras es-

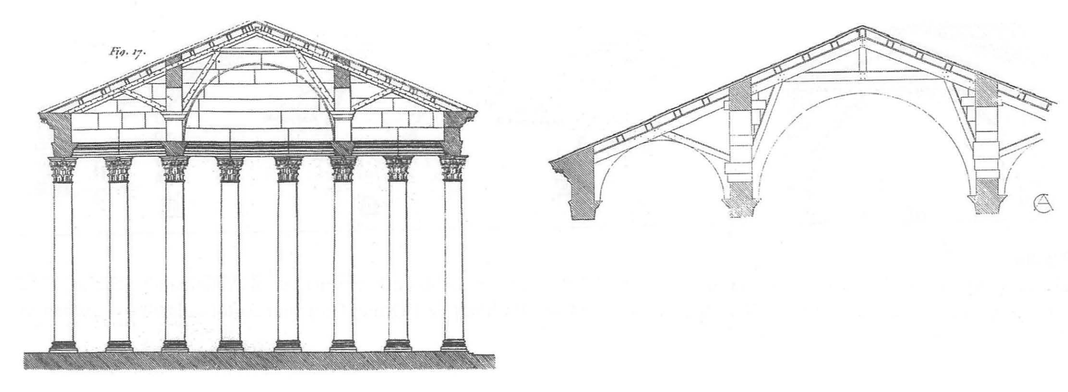


Figura 9
Izquierda: propuesta de Rondelet (1802–1803. Planche XXVIII); Derecha, propuesta de Choisy (1873, 135)

tán formadas a base de tablas, son gruesas, agrupadas de tres en tres, y conectadas por clavos del mismo material.

Precisamente sobre este tema, un siglo después, Francesco Ficorini[17] relata el paradero de algunos de los clavos que se libraron de ser fundidos en 1627. Otra información valiosa nos la proporciona el cronista Giacinto Gigli, que detalla la cantidad total de metal obtenido del expolio, tanto de las vigas como de los clavos.[18]

Un precedente en la historia de la cercha metálica

La consideración de la armadura de bronce del pórtico del Panteón en el contexto de la historia de las cerchas metálicas constituye un planteamiento que no sólo enriquece con un nuevo punto de vista la obra que centra ahora nuestra atención, sino que supone además una interesante aportación en la perspectiva histórica de este tipo estructural. No vamos a desarrollar extensamente esta cuestión, que nos llevaría demasiado lejos y no constituye el tema central de esta comunicación, pero sí daremos algunas pinceladas que nos permitan establecer algunas relaciones y reconocer ciertas singularidades.

Conviene señalar en primer lugar que, tal como se ha indicado anteriormente, no se trata de un ejemplo aislado de cercha metálica en la arquitectura romana. Además del caso ya mencionado de la Basílica Ulpia en el Foro de Trajano se podría mencionar también la armadura de la cubierta de la sala de la *natatio* de las termas de Caracalla, con relación a la cual se hace referencia en unas excavaciones de finales del siglo XIX a una «*gran cantidad de fragmentos de jácenas de hierro*» (Middleton 1892, 163–164; Mainstone 1998, 353).

En todos estos precedentes de armaduras metálicas es inevitable hacer referencia a las configuraciones de las armaduras de madera, que constituyen la gran mayoría de los casos y las formas más experimentadas, a las que suele recurrirse cuando se empieza a aplicar un nuevo material, en este caso formado también por piezas lineales. Tendríamos que referir aquí las cerchas de par, tirante y pendolón, y las de par, tirante, pendolón y jabalcones, así como las variantes más elaboradas de doble o triple péndola con entrecinta, siendo estas últimas las tipologías más habituales para cubrir grandes luces, tal como encontramos en las basílicas paleocristianas de San Pedro y de San Pablo extramuros.

La armadura del pórtico del Panteón plantea importantes divergencias con respecto a las anteriores configuraciones. Una de ellas, ya señalada anteriormente, es la conexión física entre las péndolas y los tirantes mediante solapes bulonados, lo que modifica el modo de trabajo de los tirantes, que ya no están solicitados únicamente a tracción. Otra divergencia no menos importante es el acortamiento y la elevación del tirante del tramo central del pórtico a una cierta altura por encima de las arcadas de apoyo, lo que hace que el tirante no llegue a absorber en su totalidad los empujes laterales de los pares, induciendo

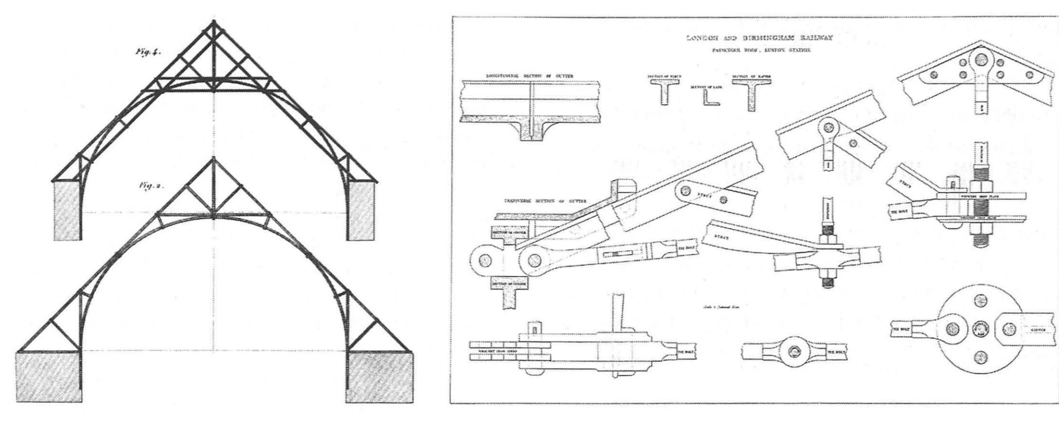


Figura 10
Izq.: Armaduras formadas por pletinas de hierro (Rondelet 1843, lámina 153); Dcha.: Cercha de cubierta de la estación de Euston, Londres, 1837 (Mainstone 1998, 163).

así una cierta flexión en ellos. Los jabalcones que se disponen para evitar que aquéllos flecten no tienen ningún elemento que absorba los empujes laterales de éstos.

Esta elevación del tirante del tramo central del pórtico del Panteón por otro lado tiene su justificación por la presencia de la bóveda de cañón encamonada, cuya clave supera la altura de las arcadas de apoyo de los pares, una circunstancia que encontramos con cierta frecuencia a lo largo de la historia, sobre todo cuando la armadura de cubierta protege una bóveda inferior. Este tipo de armadura que ya no tiene un elemento atirantado que una los pies de los pares se asemeja más al arco que a la cercha, ya que por su configuración no puede evitar la transmisión de empujes laterales en los apoyos.

Se trata de una forma de armadura que encontramos no sólo en cerchas de madera medievales, como la cercha gótica o las cerchas dibujadas por Villard de Honnecourt, sino también en los primeros ejemplos de armaduras constituidas por pletinas de hierro (figura 10 izq.), como las de las cubiertas del Teatro Francés o la Bolsa de París (Rondelet 1843, láminas 154 y 156). Estas primeras armaduras de hierro presentan configuraciones todavía muy intuitivas donde el principio de la triangulación de barras o la identificación del tipo de solicitación todavía no aparecen con claridad.

Las armaduras que plantea Palladio para los templos de Nerva Trajano y de Antonino y Faustina, anteriormente analizadas, establecen ya, por la claridad conceptual que reflejan en su diseño y en su comportamiento, un nexo de unión con los primeros modelos de cerchas de hierro donde tanto el principio de triangulación de barras como la diferenciación de los perfiles según éstas estén solicitadas a tracción o a compresión se hacen bien patentes. Podríamos mencionar aquí como ejemplos la cercha Polonceau, patentada en 1837, o la cercha de la estructura de la cubierta de la estación de Euston en Londres, diseñada en el mismo año (figura 10 dcha.).

En estos dos ejemplos ya no se utilizan pletinas de hierro en todas las barras, sino que se emplean perfiles circulares de hierro forjado para las barras traccionadas y perfiles laminados cruciformes o en T para las barras comprimidas. También Palladio diferencia, como veíamos en los ejemplos anteriormente referidos, según el modo de disponer las pletinas de bronce, entre barras comprimidas y traccionadas, procurando que aquéllas sean las más cortas y éstas las más largas. Este último criterio, que se observa claramente en la cercha Polonceau, sin embargo, todavía no se sigue en la cercha de la estación de Euston. Pero en todos estos ejemplos la cercha ya no transmite empujes laterales en los apoyos. En concreto en los dos ejemplos anteriores la barra de hierro forjado de sección circular que se dispone como tirante, aunque no siga un trazado recto sino ligeramente arqueado, cuenta con mecanismos de ajuste que permiten pretensar la barra de manera que el ti-

rante pueda desarrollar plenamente su esfuerzo de tracción.

Todas las incoherencias que aparecen en la armadura del pórtico del Panteón, tal como viene reflejada en el dibujo de Palladio, quizás motivadas por un forzado ajuste a las condiciones concretas en esta ubicación de un esquema traído de otra parte, se transforman en las armaduras de los templos de Nerva Trajano y de Antonino y Faustina en anticipos de la claridad conceptual en el diseño y el conocimiento de su comportamiento de las modernas cerchas metálicas.[19]

Notas

Los autores quieren hacer constar la participación en la presente investigación del Profesor Federico Iborra, del departamento de Composición de la Universidad Politécnica de Valencia, que no puede figurar como autor, de acuerdo con las bases del Congreso, por contribuir al mismo con otra comunicación.

1. Estos dibujos se localizan en el RIBA (Royal Institute of British Architects) de Londres. VII/1:esbozos y plantas. VII/4:croquis para la reconstrucción de la planta de las termas. VII/6r y VII/6v:croquis de la planta de las termas. Calduch, J. 2008, 124.
2. Calduch 2008, 127.
3. Choisy 1899, I, 533.
4. Como referencia aproximada la luz entre ejes de los vanos laterales puede alcanzar los 9 metros, mientras que la central se aproxima a los 14. Transversalmente, las cerchas se separan unos 4,5 metros.
5. Pausanias, refiriéndose al foro de Trajano, cita «que es digno de ver por su decoración, sobre todo por el techo hecho de bronce» (Pausanias 2002b, 234, [Pausanias, V, 12, 6]). Insiste en ello cuando en el libro X, para justificar la posibilidad de que el Templo de Apolo en Delfos pudiera estar construido en bronce, cita como ejemplo real el templo de Atenea Calcieco —que vive en un santuario de bronce— en Lacedemonia, o el mismo foro de Trajano, que, según Pausanias, «es una maravilla por su tamaño y decoración, [y] presenta el techo de bronce» (Pausanias 2002c, 354, [Pausanias, X, 5, 11].
6. El bronce ya es conocido en tierras armenias, porque determinados minerales parecían contar con componentes de estaño y cobre de forma natural, aunque de un modo verdaderamente excepcional. Quizás el simple calentamiento del mineral permite obtener de forma sencilla la primera aleación de bronce de la historia. La base del mismo la constituía el cobre, al que se incorporaba una proporción entre el tres y el veinte por ciento de estaño. Sin poder fijar la fecha exacta de aparición, lo cierto es que el uso del bronce se extiende rápidamente, impulsándose su producción artesanal con el empleo de hornos de carbón vegetal en los que se funden minerales de cobre, calcopirita y malaquita, con mineral de estaño, la casiterita.
7. El método más utilizado en la escultura de bronce de la antigüedad, conocido como de la cera perdida o microfusión, consistía básicamente en modelar el original en barro u otros materiales, que luego se modelaba en negativo, normalmente con escayola. Éste molde, una vez retirado el modelo original, se rellenaba con cera de abeja a fin de producir una réplica del modelo natural en cera. El molde de cera se recubría con una mezcla de arcilla que, ya seca, se cocía en el horno. En el proceso de cocción, la cera que quedaba en el alma se fundía y desalojaba por los orificios previstos al efecto. Se tenía de este modo el molde definitivo, ejecutado en un material refractario capaz de resistir altas temperaturas, que podía ser utilizado en piezas pequeñas para el colado directo de la aleación. En el caso de piezas mayores, a fin de no malgastar material, se disponía una capa de cera entre el molde exterior y la pieza interior que actuaba de macho, también ejecutada con material refractario. Evidentemente, el proceso requería la disposición de aireadores y canales de colado para obtener una colada homogénea. Una vez enfriada la pieza, se acababan limando sus imperfecciones y puliendo, dotándola de la pátina final mediante la aplicación de ácidos y el calentamiento a fin de agilizar la oxidación (Albadalejo y Rodríguez 2006, 13–28).
8. El tratado *De septem mundi miraculis*, atribuido popularmente a Filón de Bizancio, podría datar del siglo VI d. C. y recogería testimonios de autores precedentes como Antípatro de Sidón, poeta griego del siglo II a. C. que cifró en siete el número de monumentos y construcciones clásicas que podían considerarse síntesis de la belleza; Antípatro de Tesalónica (20 a. C.–20 d. C.) o el mismo Herodoto.
9. Si bien su emplazamiento no llega a estar claro, se ha conjeturado que podría alcanzar los treinta y tres metros de alto. Filón afirma que Cares, su autor, dadas las dimensiones del Coloso, no pudo esculpir la escultura in situ, y tuvo que hacerlo por partes en unas obras que se inician en el 294 a. C. a partir de los pies. A continuación se esculpirán las piernas para ensamblarlas a los anteriores con la ayuda de moldes labrados. Filón también hace referencia a un interior hueco y ensamblado en su interior por un armazón de hierro compuesto de travesaños horizontales sostenidos por medio de bloques de piedra. Se asegura que la estatua requirió tal cantidad de bronce que agotó las existencias de la isla,

lo cual no fue óbice para continuar la empresa habida cuenta la capacidad comercial de la ciudad de Rodas (Scarre 2001, 42–44).

10. Serlio, 1552. III, sin paginación. Entre láminas VII y VIII.
11. Lanciani 1897, 481–483.
12. «... Vigas compuestas por tres chapas de bronce de bastante anchura y grosor; esto es, dos que constituyen los laterales y otra sobre ellas, unidas entre sí por pernos metálicos». (Scamozzi, 1615, 2ª parte, libro 8, cap. XXI, 400).
13. «En la techumbre de su pórtico había chapas de bronce con un espesor de la cuarta parte, dispuestas de modo que una se apoyaba sobre dos situadas por debajo en los laterales y separadas entre sí, y clavadas transversalmente; vigas que sostendrían el peso de la techumbre» (Donati cit. en Choisy 1999, 194).
14. «Las admirables vigas de puro bronce, cada una de ellas construida con tres gruesas chapas conectadas por clavos también de bronce, se han podido ver hasta nuestros días, hasta que Urbano VIII, en 1627, las retiró para hacer con ellas columnas para el altar mayor de la iglesia de S. Pedro, y artillería en el Castel Sant'Angelo, colocando en su lugar vigas de madera» (Nardini cit. en Choisy 1999, 194).
15. «Aquesta armadura aun al presente esta sobre el portico del Pantheon: es toda de tablas de bronzo, como lo muestra la presente figura» (Serlio 1552, III, sin paginar).
16. «Ha ancora un bellissimo porticale, fatto da Marco Agrippa, ornato da 13 grandissime colonne, & il suo tetto e sostenuto da travi di rame dorato» (Palladio 1554, LXI, 75–76). «... le travi del portico sono fatte tutte di tavole di bronzo ...» (Palladio, 1570, 74 y ss).
17. «Il suo portico ha sedici colonne di granito Tebaide di circonferenza ognuna venti e più palmi le quali sostenevano il tetto con travi fasciate di metallo, di cui essendone state spogliate nel Pontificato di Urbano VIII se ne costrussero le quattro colonne all'intorno del sepolcro di San Pietro in Vaticano, ed anche alcuni cannoni, in un de'quali, che è nel Castel S.Angiolo sul baluardo al piano terreno, vi sono incastrati due chiodi de i travi di metallo del medesimo tetto. Alcunni altri chiodi a me noti son passati in diverse mani: uno si conserva con lastra di metallo incastrata nel museo Barberini, e un vomo non può sostenerlo; un altro, che era nel museo del Bellori venne acquistato dalla Maestà del defunto Re di Prussia padre del Regnante; il quarto si conserva nel museo Strozzi; ed il quinto chiodo dall'eredità Gualtieri venne comprato l'anno 1739 da Sua Eccellenza Enrico Howard Mylord Carlisle grand'intendente d'antiche memorie scelte; ma non ho a memoria, se questo chiodo, o quello, che era del Bellori sia di peso quarantasette libbre; e senza i predetti, gli altri chiodi pesati furono libbre nove mila trecento settantaquattro, e i metalli delle travi pesarono quattrocento cinquantamila, e dugento cinquantuna libbra» (Ficorini 1744. Libro I, cap. XX, 131–132).
18. «In 1625, while the war-cry was raised from one end of the peninsula to the other, Urban VIII made a great provision of arms and ammunition, and more especially of artillery. To provide himself with a copious stock of `materia prima,' he caused the portico of the Pantheon to be stripped of its bronze roof, a marvelous work, resting on the capitals of the columns. But no sooner was the destruction accomplished than he found the alloy of the metal not hard enough for casting guns. Meanwhile, the population, who flocked in great numbers to see what was being done at the Pantheon, were deeply grieved, and urged that such a beautiful work of antiquity, the only one which had escaped plunder from the barbarians, should not now be dismantled. But the intention of the pope was not to destroy the Pantheon: he gave orders for the construction of a new roof, and showed his willingness to make other improvements. The weight of the metal stored in the apostolic foundry was 450,251 pounds, of which 440,877 represented the weight of the beams, 9374 that of the nails alone. Besides the four columns of the baldacchino in S. Peter's, eighty guns were cast from it, and mounted on the bastions of Castel S. Angelo» (Gigli cit. en Lanciani 1897, 481).
19. Los autores quieren hacer constar la participación en la presente investigación del Profesor Federico Iborra, del departamento de Composición de la Universidad Politécnica de Valencia, que no puede figurar como autor, de acuerdo con las bases del Congreso, por contribuir al mismo con otra comunicación.

Lista de referencias

AAVV. 2008. *Palladio 1508–2008*. Valencia: General de Ediciones de Arquitectura.

Adam, Jean-Pierre. 1996 [1989] *La construcción romana, materiales y técnicas*. León: Editorial de los oficios.

Albadalejo González, Juan Carlos y Rodríguez González, Iván. 2006. Fundición a la cera perdida: Cellini y la magnetita. *En* Revista de bellas artes: revista de artes plásticas, estética, diseño e imagen *N. 4. 13–28.*

Calduch, J. 2008, 124. (Calduch, J. ... *Comprendere & in disegno ridurlo (dibujo y pensamiento arquitectónico en Palladio).* En AAVV. 2008, 121–143.

Choisy, Auguste. 1999 [1873]. *El arte de construir en Roma*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Choisy, Auguste. 1996 [1899]. *Histoire de l'Architecture*. París: Bibliothèque de l'image.

Donati, Alessandro. 1638. *Roma vetus ac recens, utriusque aedificiis ad eruditam cognitionem expositis*. Romae: Ex typographia Manelphi Manelphii.

Ficorini, Francesco Ficorini. 1744. *Le vestigia e raritá di Roma Antica*. Rome: Impresor Girolamo Mainardi.

Gigli, Giacinto. 1608–1644. *Diario di Roma. Roma: Giuseppe Ricciotti.*

Knapp, Brian. 1996. *Copper, Silver and Gold*. Australia: Reed Library.

Kohl, R; Alcoba, M.; Bruno, M.; Varela, P.; Contella, N y Radevich, O. 2003. *Fundición a la cera perdida: materiales para modelo,* en Jornadas Sociedad Argentina de Materiales-Sociedad Chilena de Metalurgia y Materiales. *Revista de Metalurgia (Simposio Materia 2002).*

Lanciani, Rodolpho. 1897. *The ruins and excavations of ancient Rome; a companion book for students and travelers. Libro IV: Urbs Sacra Regionum XIV, cap XLVII: Pantheon*. Boston: Houghton Mifflin.

Licht. 1968. *The Rotunda in Rome, a study of Hadrian's Pantheon*. Copenhagen: Jutland archeological society.

Mainstone, R.J. 1998. *Developments in Structural Form*. Oxford: Architectural Press.

Middleton, J. H. 1892. *The remains of ancient Rome*. London: A & C Black.

Nardini, Famiano. 1818–1819–20 [1666]. *Roma antica di Famiano Nardini. Edizione quarta Romana, riscontrata, ed accresciuta delle ultime scoperte, con note ed osservazioni critico antiquarie di Antonio Nibby ... e con disegni rappresentanti la faccia attuale dell'antica topografia di Antonio de Romanis ...* Roma: nella stamperia de Romanis.

Palladio, A. 1554. *L'Antichità di Roma di M. Andrea Palladio ...* Venezia: Matteo Pagan

Palladio, A. 1570. *I Quattro libri dell'Architettura*. Venezia: D. Franceschi.

Pausanias. 2002a (s. II d. C.) I-II. *Descripción de Grecia*. Barcelona: Gredos.

Pausanias. 2002b (s. II d. C.) III-VI. *Descripción de Grecia*. Barcelona: Gredos.

Pausanias. 2002c (s. II d. C.) VII-X. *Descripción de Grecia*. Barcelona: Gredos.

Plinio el Viejo. 2001. (I d. C.) II-IV. *Historia Natural*. Barcelona: Gredos.

Rondelet, J. 1843. *Traité théorique et pratique de l'art de bâtir*. Paris: Didot frères.

Scamozzi, Vincenzo. 1835 [1615]. *L'idea dell'Architettura Universale*. Milano: V: Borroni e Scotti.

Scarre. 2001. *Las setenta Maravillas del Mundo Antiguo*. Barcelona: Blume.

Serlio, Sebastiano. 1552. *Tercero y Cuarto libro de Arquitectura ...* Traducción de Francisco de Villalpando. Toledo: Casa de Iván de Ayala.

La madera en la construcción de la casa habitación de finales del XIX. El caso de Bilbao

Nieves Basurto Ferro

La madera y su protagonismo

La mayor parte del patrimonio arquitectónico de finales del siglo XIX se sitúa en Bilbao por un lado, en el llamado Casco Viejo, que sufre en ese momento una importante reconstrucción como consecuencia de los destrozos de las guerras carlistas. Por otra parte, en el Ensanche, cuyo proyecto, elaborado por los ingenieros Pablo Alzola y Ernesto Hoffmeyer y el arquitecto Severino Achúcarro, se había puesto en práctica inmediatamente después de su aprobación en 1876. Y finalmente, en la zona de las afueras, territorio que, si por un lado englobaba parte de los antiguos arrabales, lo hacía también con espacios que no correspondían, jurisdiccionalmente, ni al viejo casco ni al nuevo ensanche.

El fuerte incremento de la población aceleró la erección de numerosos edificios públicos, pero sobre todo, la de las denominadas casas de habitación o de habitaciones, casas de vecindad, llamadas a alojar a un flujo de personas en creciente aumento. Estas edificaciones fueron ocupando las vías recientemente abiertas colmatando las manzanas que, siguiendo un diseño ortogonal, iban consolidando la imagen de la nueva ciudad, producto de la potente industrialización.

El resultado será un caserío rico, armónico, relativamente bien conservado en la actualidad, una de cuyas características más llamativas es quizá su regularidad. La repetición de unos esquemas, de una tipología de habitación que era resultado, en buena medida y en primer lugar, de las Ordenanzas de construcción entonces en vigor. También de la aceptación de unas enseñanzas, modelos y pautas dictadas desde las Escuelas y Academias de formación y, finalmente, del uso práctico de los manuales de construcción entonces vigentes que eran consultados, sin excepción, por arquitectos y maestros de obras. Amén de la pericia y capacidad creativa desplegada por la cada vez más abundante nómina de estos técnicos afincados en la ciudad.

La citada uniformidad de la casa habitación se puso de manifiesto en aspectos como la altura de los edificios, y el de las distintas plantas que se incluyen en ella, normalmente cuatro, con un quinto piso retranqueado en segunda crujía. Todas estas dimensiones en estrecha relación con el ancho de las calles correspondientes.

En lo referente a la composición de las fachadas es notoria la regularidad en el ritmo de macizos y huecos, las proporciones de dichos huecos y el diseño de los mismos así como la ubicación y forma de las puertas de acceso.

Llama la atención la profusión y vuelo de los aleros, la fuerte presencia de balcones de ricos y variados antepechos de hierro, y toda una decoración plagada de motivos clásicos y vegetales, que recoge las tendencias estilísticas a veces de forma explícita, otras apenas insinuada, de las modas europeas del momento en las que hacía furor el llamado estilo de los Luises, Renacimiento francés o estilo Imperio y que se concentra principalmente en torno a los vanos de las distintas plantas.

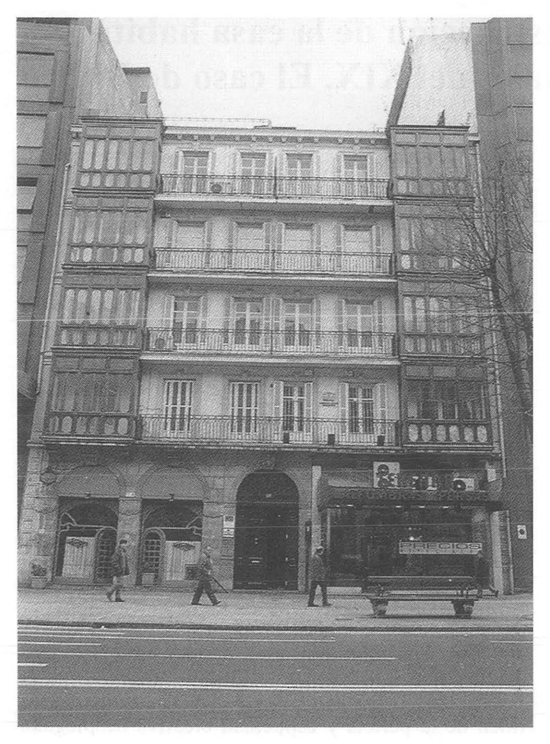


Figura 1
Edificio de viviendas en el Ensanche (1883)

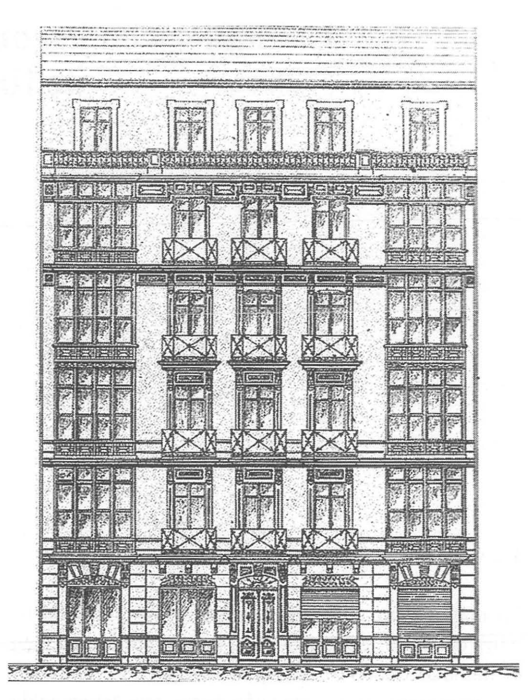


Figura 2
Proyecto de un edificio de viviendas en el Casco Viejo. Alzado (1900)

Pero si hay algo que identifica la casa habitación de este periodo es la presencia de los miradores. Siguiendo una secuencia normalmente de ejes impares, los miradores tienden a situarse en los ejes laterales. Dispuestos en forma de batería, suelen enmarcar la composición, aunque es también frecuente su presencia en la resolución de las esquinas bien en forma de chaflán bien recogida en una curva, según dictado de las Ordenanzas (figuras 1 y 2).

Ya en el interior del edificio nos encontramos con la inevitable escalera, elemento relacional por excelencia, que nos va situando frente a las puertas del recibidor y, de ahí, pasamos al interior de las viviendas, dos normalmente por planta.

Tales pueden considerarse algunas de las constantes básicas presentes en la vivienda tipo de finales del XIX en Bilbao. Pero, por encima de estos rasgos comunes, y quizá como el más destacado, habría que señalar la presencia de la gran protagonista de la construcción decimonónica, la madera, material con el que están realizados buena parte de los elementos enumerados y verdadera seña de identidad de la habitación en este periodo. La madera, sugestiva, cálida, moldeable, variada, constituye una parte inevitable del paisaje urbano de Bilbao en este periodo. Y es «que la madera ha sido durante siglos el material más apreciado en carpintería. Y esto no sólo por razones de funcionalidad sino también por factores emocionales: su tacto y color, su irregularidad y su amable forma de envejecer han ejercido siempre una gran fascinación sobre el hombre» (Peraza Sánchez 2000, IX).

Armazón grueso y tejados. Los aleros

Por su lado, García Navarro y de la Peña Pareja (2001) apuntan que «la madera ha sido material casi exclusivo para la estructura de los forjados horizontales hasta el s. XIX. Su capacidad para trabajar a

flexocompresión, junto a su accesibilidad, han sido, sin duda, los factores determinantes. Colocar maderos, más o menos juntos, sobre la coronación de dos paredes separadas, no requiere ninguna ciencia, de ahí que esta estructura se encuentre ya en las primeras viviendas de la antigüedad».

En el caso de Bilbao, en el curso de las últimas décadas del siglo, se continúa, a pesar de las indicaciones sobre la preferencia de la encina, tras desechar el castaño (Brizguz y Bru 1804) con la tradición de realizar el armazón grueso, es decir la estructura de la edificación en madera de roble. De hecho, en los pliegos y condiciones de obra es muy frecuente encontrar indicaciones como las que siguen: «Todo el armazón grueso en pies derechos, postes, frontales, cabezales, bandas, guías, soleras, zapatas, solibas, cargadores etc, será del roble bien seco» o «Será de roble todo el armazón grueso en cabezales, frontales, marcos exteriores, bandas, guías, cargadores, soleras, zapatas cabrios y solivas».

Paulatinamente, más claramente a partir de la década de los 70 se observa la sustitución de los primeros postes, los de la parte anterior, por columnas de hierro fundido, procedentes de la industria local que puede identificarse gracias a las marcas de empresas como Santa Ana de Bolueta, La Esperanza e Hijos, o la Sociedad Aurrerá.

En lo que respecta al tejado, los postes de la armadura, así como las bandas, cumbre, tijeras, jabalcones y aguilones debían ser igualmente de roble, aunque a veces algunos de estos elementos podían sustituirse por pino del Norte. También los postecillos frontales, tornapuntas, guías y zapatas debían ir en el mismo noble material y, en ciertos casos, igualmente podría alternarse con el pino del Norte.

El interior del tejado solía ir forrado a base de lata de roble o de castaño aunque también se cita lata de tabla de francesa (¿pino de Francia?) en cuyo caso se habla de un grosor de 18 milímetros, quizá para casas de menor calidad. Sea como fuere debía ser colocada perfectamente recta ya que sobre ella iría posada la teja, siempre bien cocida y de buena calidad, normalmente de producción local.

Se insiste continuamente en la calidad de los materiales y, en lo referente al roble, que éste debía ser cuando menos de un año, de dos o de tres años de corte, bien seco, labrado a «acha y azuela», aunque también se dice «labrada a esquina viva», sin laca de consideración así como sin verrugas, nudos, holgura, alhacas y otros defectos que pudieran perjudicar la solidez del edificio. El modo y momento en que se procedía a su corte, eran aspectos relacionados con la calidad de la madera del roble de modo que: «El tiempo más conveniente para cortar los árboles es en los meses de Diciembre, Enero y Febrero, porque entonces el humor está casi sin acción, y los poros están muy apretados. El corte se ha de hacer en Luna menguante, porque en este tiempo tiene el árbol ménos humor que en el creciente. Para que la madera no contenga nada de humor, se corta el árbol por el pie hasta elmedio del corazón, y se dexa así algun tiempo, para que destilándose el humor por ese corte, al través del alaveo, no se corrompa dentro del tronco» (Briguz y Bru 1804, 136).

También era muy apreciado el roble procedente del derribo de alguna otra construcción, se habla entonces de «roble viejo o usado».

Sin abandonar el tejado tenemos que destacar el alero, muy presente en un clima tan extremadamente lluvioso. De hecho, el alero, o más bien su vuelo, fue sucesivamente motivo de atención por parte de las Ordenanzas de edificación consultadas. Así en el *Reglamento que se ha de observar en Bilbao en la Construcción de Edificios de nueva planta y en los que se reforman parcialmente sean antiguos o modernos* de 1857 se señala que estos debían estar entre los dos pies y seis pulgadas en calles de primera clase a los dos pies y tres pulgadas en todas las demás. En el *Reglamento se ha de observaren Bilbao (...)*de 1868 se aconsejan las mismas dimensiones aunque se relacionan ya con la altura de las edificaciones. En el *Reglamento para la Construcción y Reforma de Edificios en la República de Abando* de 1883 hablamos ya en centímetros, estableciendo 70 como máximo y llegamos hasta el *Proyecto de Ordenanzas de Construcción Vigente en el Casco y Ensanche de la I. Villa de Bilbao* de 1885 donde se recomienda un vuelo de 1 metro para las calles de primer orden, pero incluso hasta 0,40 centímetros en las vías cuyo ancho no superara los 4 metros. Volvemos a encontrarnos con el roble como material aconsejado para estos aleros, aunque también se habla de castaño, pino rojo y pino del Norte.

Tras la consulta de una abundante documentación, hemos observado la insistencia en la idoneidad del roble, aunque también se cita el haya como apropiada para la ejecución de pilotes para la cimentación de alguna casa. Pero sin duda, el material más utilizado

en el maderamen general de las casas de este periodo es el pino en sus diversas variantes y en base a los distintos modos de tratamiento. Decimos esto porque hemos sabido que, si contiene resina, el pino puede conservarse debajo del agua y utilizarse incluso para pilotes. La elasticidad y ligereza que le da la resina le hace resistir bien la compresión por lo que puede emplearse igualmente para armaduras de cubiertas. En cambio, si el árbol ha sido sangrado, su tejido resulta blanco, su densidad disminuye y llega a ser muy quebradizo y no puede emplearse más que en trabajo de interiores (Barberot 1921).

El pino es un árbol ampliamente extendido por la España septentrional (y de todo el resto), pero también por buena parte de Europa del norte y Rusia, por tanto, es un producto abundante y asequible en cuanto a suministro. Da una madera blanda y fácil de trabajar, que presenta buenas aptitudes para el moldurado, torneado y taladrado, siendo igualmente apta para el encolado. Además, como se ha mencionado, y muy importante en nuestro clima, resiste bien el agua y, a juzgar por los testimonios, su durabilidad es también amplia pues ha logrado sobrevivir hasta la actualidad. De modo que, todo esto hacía del pino un material recomendable tanto para la estructura general de la construcción como para la carpintería de exteriores y las entablaciones y carpintería de interiores, lo mismo que, como veremos, para la construcción de escaleras.

Gracias a los pliegos de condiciones para las construcciones revisados hemos podido conocer las distintas variedades de pino utilizadas en la construcciones de estas casas de vecindad y son: pino tea, pino rojo, pino del Báltico, pino de Suecia, pino de Noruega, pino de Holanda, pino de Francia y el pino, suponemos que el sencillo pino de madera más bien amarillenta y abundantes nudos. Quizá algunas de estas variedades no fueran tales y sí distintas maneras de denominar una misma madera, caso quizá del pino rojo y pino de Holanda ya que se cita el pino rojo de Holanda, pero, a juzgar por el contexto en que se mencionan, dicha relación puede corresponderse, más o menos, con la calidad de las mismas de mayor a menor. Calidad, o al menos oscilación de precio, que estaba igualmente relacionada con el grosor dado a las distintas piezas.

Por otro lado, además de las hasta ahora citadas, encontraremos incluidas algunas otras maderas como el fresno, la caoba, el limoncillo, el nogal o el castaño, pero ya de una forma más puntual, en relación con la construcción de escaleras o de algún otro elemento como tendremos ocasión de ver.

Entablamientos y revestimientos de madera

En lo que respecta a los suelos, si exceptuamos los correspondientes a cocinas y excusados o retretes, en Bilbao lo más usual eran los suelos entarimados que descansaban sobre las correspondientes solivas[1]. Los suelos de cocinas y retretes eran o bien de «baldosa ordinaria del país», o bien de «baldosa blanca de Valencia». Pero en ambos compartimentos se menciona de nuevo la madera en otros elementos. En el caso de las cocinas, además de las puertas y ventanas, en los contratos de obra se especificaba la inclusión de baldas de madera (normalmente dos) una sobre otra, acompañadas de sus ménsulas y listones ensamblados para la sujeción de los platos. Pero también además de las baldas o basares se habla en ocasiones de «la tabla con sus ganchos para colgar las calderas y bajo de los fogones y piedras fregaderas los marcos y las puertillas y secadores de platos en las últimas». En ocasiones se habla también de incluir una mesa en la cocina de pino o en alguno también dotar de un armario de dos cuerpos en cada cocina. Todos ellos realizados en pino de Holanda, pino de Francia...

Respecto a los excusados, lo mismo que las cocinas presentan sus suelos de baldosas y, además de puertas y ventanas, se usa la madera para «los asientos o cajas de comunes o de cazuelas de porcelana y los sentaderos» eso sí, se insiste en que sean de material de castaño de considerable grosor (en torno a los 4 centímetros), con sus tapas torneadas y los frentes de pino de un solo panal. En otros casos, se menciona el castaño como el único material, en otras el roble y, en muy escasas ocasiones, quizá en casas muy sencillas, solo el pino.

Como decíamos más arriba, lo más frecuente era el uso del entarimado que es un ensamblaje de madera de poco espesor que se coloca sobre las vigas que constituyen los suelos y forman el piso de las habitaciones. Respecto a esto en los contratos de obra podemos leer con insistencia que este debe ser «siempre de buena calidad y bien cepillado y machihembrado y colocado a topes encontrados». En este sentido, L.A. Barré en su *Enciclopedia práctica de Construcción* (Barré 1899) establece una diferenciación entre el entarimado y el entablonado entendiendo este último

cuando el material empleado para formar el piso está constituido por tablas de madera sin labrar de bastante ancho, 0,22 al menos, que se ponen a junta plana y clavadas directamente sobre los maderos del suelo. Mientras que para el entarimado se emplean tablas más estrechas que las empleadas en los entablonados, 0,11 el máximo, y ensambladas entre sí a ranura y lengüeta. Sin embargo, en nuestros documentos se habla indistintamente de entablonado y entarimado insistiendo en ambos casos en la aludida unión machihembrada. En lo que respecta a la madera a emplear esta debía estar bien seca, limpia de nudos, de hilo recto y presentar todas las tablas, tanto por su coloración como por su labra, la mayor uniformidad posible. En el caso que nos ocupa el material en cuestión suele ser el pino tea, pino de Suecia, pino de Holanda, pino de Francia o, en ciertos casos también el roble.

Suele hacerse con frecuencia una diferenciación entre los entarimados utilizados en las distintas plantas del edificio, así para los suelos de los pisos, las lonjas y de las buardillas, caso que las hubiera, se utilizaba un material superior al del suelo del desván cuyas tablas podían ir sin cepillar, solo machihembradas, pudiendo ser incluso distinta también la forma de colocación. A veces la diferenciación entre los suelos estaba en relación con la categoría del hueco, de modo que estancias principales como salas, gabinetes y comedores, recibían por ejemplo pino de Holanda, reservando para resto el pino de Francia. «Serán de pino de holanda de doce centimetros cada tabla y 30 milimetros: solo en las salas, gabinetes y comedores; los del piso principal, desban y el resto de las habitaciones de tabla de francia de primera calidad acepillado y machihembra y a topes encontrados».

Respecto a estas formas de colocación hemos visto mencionados básicamente dos sistemas: a juntas alternadas, el más común, y la junta corrida caso del desván.

Siguiendo con el mismo autor (Barré 1899) este explica como una vez concluido el entarimado, para remediar los pequeños defectos e irregularidades que pudieran presentarse en su superficie, se procedía a «un recorrido de esta operación que se efectúa por medio del cepillo o raedera, y una vez terminada se procede al pintado o encerado del mismo». En este sentido, en los documentos consultados, si bien no se menciona este proceso, sí se habla de que una vez colocada la madera se procedía a la pintura de la misma.

No se menciona siempre el rodapié y cuando se hace se le da una amplitud de entre 12 y 14 centímetros con su remate en moldura y se reserva a salas, gabinetes, comedores, y pasillos y, aunque no se especifica la madera correspondiente, se entiende, quizá, que esta es la misma empleada en el entarimado correspondiente.

Tampoco hemos encontrado referencias a los artesonados o revestidos, en lo que se refiere a la casa tipo, con lo que suponemos que se reservaban a obras de mayor nivel y/o de gran lujo, como las residencias unifamiliares. Sabemos por Barré (1899) y Barberot (1921) y porque aún nos quedan testimonios bien conservados que, en los casos de grandes residencias, se recubría el techo y las paredes de las habitaciones con obras de carpintería y que el revestimiento de los muros podía hacerse en toda la altura de los mismos o solamente en una altura de 0,80 a 1,40 a partir del suelo, quedando la parte superior del muro en disposición de adornarse con tapicerías o pinturas.

El revestimiento podía ser sencillo o llevar de trecho en trecho pilastras; la parte inferior siempre llevaba un plinto o zócalo y la superior terminaba en una cornisa un poco saliente. La parte comprendida entre el zócalo y la cornisa se rellenaba con tableros separados por pequeñas pilastras o largueros, con o sin capitel y basa ordinariamente de tablas de roble machihembradas no labrándose el paramento posterior de los tableros puesto que había de quedar oculto a la vista. No era necesario que el paramento de los muros estuviera enlucido como si hubiera de quedar al descubierto, bastando solo con el rejuntado y dejando la mampostería o el ladrillo a la vista y a lo más dándole un blanqueo fuerte con yeso tamizado.

En las construcciones económicas, caso de utilizarse, el revestido no era más que figurado, y se formaba por molduras cortadas a inglete en los ángulos y clavadas directamente sobre el yeso.

Carpintería exterior. Los miradores

En cuanto a la carpintería exterior, una de las piezas más importantes era la puerta de acceso al edificio. Esta podía ocupar, y lo hace con frecuencia, el eje central de la fachada aunque puede situarse también en otro eje, frecuentemente en un extremo lateral. Siguiendo con Pedraza:

- En el lenguaje corriente la puerta es el elemento constructivo que permite el acceso al interior de un edificio o la intercomunicación entre distintas dependencias.
- Al margen de su constitución la puerta recoge relaciones espaciales, físicas y psicológicas de indudable interés arquitectónico: especialmente en el caso del acceso (puertas de exterior), que establecen el límite físico y psicológico, de charnela, entre el interior y el exterior.
- La puerta de la calle ha sido un elemento arquitectónico especialmente cuidado ya que es la primera toma de contacto con la casa. Por eso se suele diseñar en armonía con la fachada, expresando el carácter del edificio y sus habitantes.
- Desde el punto de vista formal la puerta exterior siempre se relaciona con el estilo arquitectónico del edificio, mientras que la interior suele hacerlo más con la decoración y el mobiliario (Pedraza 2000, 17).

Normalmente, las plantas bajas de estos edificios se reservaban a usos comerciales; ya fueran tiendas, pequeños talleres, lonjas, almacenes, etc... siendo muy contados los casos de ocupación de dicha planta por viviendas. De ahí que sea igualmente importante la carpintería de las puertas de acceso a toda la planta baja que podían corresponder, en algunos casos, a cada uno de los ejes de la fachada.

El diseño de dichas puertas era competencia del arquitecto o maestro de obras. Solía tener una altura entre 2,50 y 3,50 contando las más de las veces con un montante acristalado, y una anchura de entre 1 y 2 metros siendo de dos hojas. Podía ser de una sola hoja y más estrecha, pero debía corresponder entonces a casas extremadamente sencillas. En cuanto a su constitución, *se* dice que «se hará ensamblada con brilleros y con tableros aplegados por medio de planchas» o «en forma almohadillada gracias a una serie de panales, de dos hojas y con un bastidor semicircular en la parte superior», o «puerta ensamblada y que las de la lonja pueden ir lisas», o «la puerta principal y la de la tienda serán ensambladas; las de la lonja podrán ser lisas». Respecto al material, este solía ser el pino en sus diversas variantes y, suponemos, en función de la calidad o de la carestía del inmueble. En dichas puertas era frecuente la concentración de un importante repertorio ornamental en consonancia con la moda y en el que abundaban los elementos clasicistas.

Para dar luz al vestíbulo de entrada eran muy frecuentes las puertas vidrieras por la parte superior, y esto era aplicable tanto a las puertas de una hoja como a las de dos. No obstante y para que la puerta conservara su carácter de seguridad y todas sus cualidades de cerramiento, se guarecía dicho hueco con un panel calado de fundición o hierro forjado, especie de cancela que no podía ser desmontado sino desde el interior.

También el pino de Suecia, el pino de Holanda, el pino rojo, el pino tea y el roble, a poder ser usado, son las maderas que se colocan en la marquetería exterior de los edificios.

Se mencionan unos determinados grosores para los marcos exteriores de puertas de balcones y de ventanas. Las puertas de los balcones de dos hojas y más de un metro de anchura llevaban sus correspondientes ventanillos cristales (entre tres y cuatro) sobre un zócalo de madera de aproximadamente 75 centímetros a 1 metro de altura. Se debía garantizar la calidad de los vidrios que en ningún caso debían presentar manchas, motas u ondulaciones, en otros casos se insiste en que «sean blancos de primera calidad sin que contengan verrugas, rayas ni defecto alguno». Por su parte debía colocarse «cada vidrio con ocho puntas de alambre y buena y abundante masilla bien recortada en todos los contornos».

Más arriba hacíamos mención de las Ordenanzas a la hora de hablar de los aleros. En lo que respecta a los huecos, la reglamentación de esta época apenas se detiene en el carácter y dimensiones de los mismos y sí más en la obligatoriedad de incluir un hueco, ya abierto a calle ya hacia patio, en cada una de las piezas de la casa para garantizar la ventilación de las mismas. Sin embargo, el tema de la amplitud del voladizo está presente en todas las Ordenanzas citadas. Así en las de 1857 se dicta que el vuelo para los balcones en las calles de primera clase sería de 2 pies y tres pulgadas y de 2 pies para el resto de las calles. En las ordenanzas de 1868 se ordena que en los edificios de 65 y 63 pies de altura el vuelo mayor de los balcones debería ser el de 2 pies y tres pulgadas y en los edificios que no excedieran de 60 pies el vuelo máximo de los balcones sería de 2 pies. En las Ordenanzas de 1883 se dice que los vuelos máximos autorizados en las fachadas de los edificios son de 0,60 centímetros para los balcones y finalmente en las de

1885 se dice textualmente «El vuelo máximo de los balcones a contar desde la vertical que pasa por la alineación aprobada, será en las calles de primer orden de 75 centímetros; en las de segundo orden de 60 y en las de tercero de 50, excepto en las calles cuya latitud no llegue a cuatro metros, en las que no se consentirá mas que antepechos, sin permitirse vuelo ni saliente alguno del paramento de la fachada».

En el caso de los citados balcones también está presente la madera de modo que hemos podido saber que sus repisas eran de madera y que se forraban con zinc de modo que más concretamente podía suceder que dichas repisas «se forraran por la parte inferior con tabla de pino de 18 milímetros de grueso acepillada y machihembrada y por la parte superior en las condiciones y clase de material que el resto de las entablaciones». Los antepechos de ventanas y balcones debían presentar un mismo diseño que parece era propuesto por el arquitecto o maestro de obras, y realizado en hierro dulce. En lo que a esto respecta es preciso apuntar la enorme riqueza y variedad de diseños para estos antepechos calados que podemos admirar en la actualidad en la ciudad y que resultan a veces testimonios preciosos para datar una determinada edificación así como para descubrir a un técnico concreto.

Como decíamos, las puertas de los balcones solían ser de dos hojas y con los citados ventanillos; a veces se habla de persianas y otras de contraventanas colocándoles, en todos los casos, la ferretería que fuera necesaria, como las fallebas y manillas de metal dorado.

En cuanto a la presencia del mirador, este se hará imprescindible en la mayoría de las construcciones de este periodo y en el tipo de casa de vecindad que venimos aludiendo, de modo que, a partir de una fecha, su ausencia solo podría justificarse por la economía de la construcción o por una excepción.

Aunque consideramos que el mirador sería de por sí motivo de un estudio pormenorizado, destacaremos sólo algunos de sus aspectos insistiendo en la proliferación de los mismos en nuestra ciudad, siendo un elemento muy significativamente ausente, en la, por otra parte, tan emulada arquitectura francesa. Miradores de madera y cristal, en forma de caja y de base rectangular, de varios ejes de ventanillos, y superpuestos a las fachadas. Su ordenación alineada contribuía a imprimir esa sensación de orden y regularidad a que hacíamos referencia más arriba, al tiempo de imprimir un acusado pintoresquismo al paisaje urbano. Estos miradores ligeros a pesar de su volumen y de su vuelo, permitían además, gracias a ocupar alternativamente distintos ejes en la fachada, interesantes combinaciones compositivas, al tiempo que servían de marco para repertorios decorativos igualmente ricos y variados (figuras 3 y 4).

Respecto a la fecha de aparición en Bilbao, suponemos que estaría en relación o incluso que coincidiría con su aplicación en otras regiones y ciudades españolas, quizá incluso con las más próximas de Galicia, Cantabria y Asturias, zonas con las que comparte un clima templado, con abundantes lluvias y una extrema humedad. Claro que si echamos mano de nuevo de las Ordenanzas podemos obtener al menos algunos datos relevantes. Así en las publicadas en 1857, a la hora de precisar la amplitud máxima de

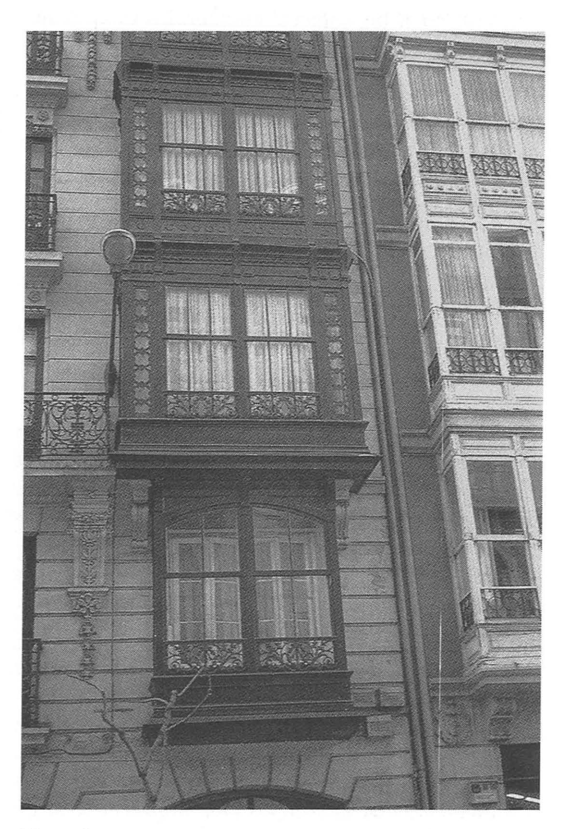


Figura 3
Miradores en una casa del Ensanche

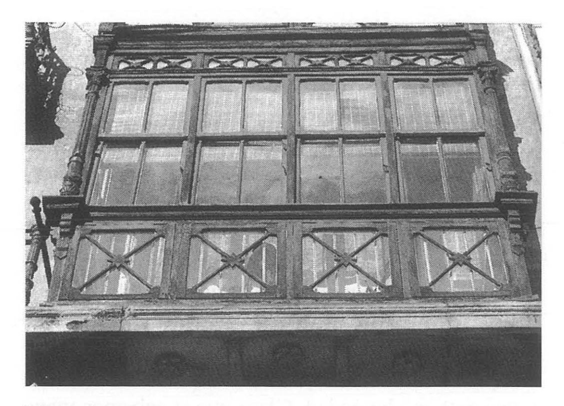


Figura 4
Mirador en una casa del Casco Viejo

los vuelos en fachada se alude al alero y a los balcones, pero no se menciona el mirador. En 1868, se habla de los vuelos permitidos para aleros, balcones o «cualquier otro cuerpo saliente». Ya en 1883 se establece en su Artículo 18 que «Los vuelos mayores que se fijan para los cuerpos salientes de las fachadas sean de 0,60 centímetros como máximo para balcones y miradores» y ya en las de 1885, en el Artículo 20 «Se permite colocar miradores en los huecos de las fincas siempre que su vuelo no exceda de 0,95 metros en las calles de primer orden, de 0,70 en las de segundo y de 0,60 en las de tercero, prohibiéndose en las que tengan latitud menor de cuatro metros. Para evitar el feo aspecto que presentarían los miradores de ángulo con vuelos distintos cuando las calles sean de orden diferente, se deberá dar el término medio, según acuerdo tomado por el Ayuntamiento». A tenor de estas informaciones podríamos quizá adelantar que el mirador en Bilbao es posterior a 1853 y que probablemente hacia 1867 comenzara a presentarse de forma aún no generalizada y que su difusión pudo producirse en la década de los 70 para convertirse en una realidad absoluta en la de los 80.

Sin embargo, hay otra cuestión que consideramos interesante, y es el hecho de que en los manuales consultados entre ellos los de Barberot (1921 y 1946) y el de Barré (1899) así como el de Esselborn (1928), a pesar de ser manuales en los que se detallan todos los elementos de la composición arquitectónica de madera, el mirador no se incluye en absoluto o lo hace de una manera que delata el escaso interés que suscita, consecuencia, suponemos, de su no utilización o del escaso protagonismo que tuvo en la época. Barré por ejemplo, le dedica un pequeño apartado de apenas unas líneas en las que podemos leer:

- Miradores: El balcón cubierto de cristal llamado mirador, de armadura metálica, adornado de porcelana y como un pequeño jardín de invierno o gabinete de tableros de vidrio, es de importación inglesa y va adquiriendo bastante uso en nuestro país [se está refiriendo a Francia].
- Los plintos colocados sobre los apoyos de fundición están ordinariamente cubiertos o revocados de yeso ó cemento. Un piso de mirador de esta clase puede costar de 1.500 á 2.000 pesetas, con su reloj, porcelana, pintura, vidrios, etc. (Barré 1899, 72).

Evidentemente Barré aquí no está hablando de nuestro castizo mirador, que, curiosamente, surge como elemento compositivo primordial en fachadas, que según venimos insistiendo, presentaban, en buena medida, una clara inspiración francesa.

La variedad de formas y la estructura de estos miradores merecerían un capítulo aparte y su estudio está por realizar. Parece que el diseño de los mismos era competencia también del arquitecto o maestro de obras y su composición variaba aunque se tendía los ritmos impares, 3 ó 5 ejes (también podían ser pares) con dos hileras en los laterales. Se usaba la ventana de guillotina para la parte superior y la parte baja o bien era ciega o acristalada, en este caso también estaba conformada por ventanas que se abrían bien hacia un lado, bien de arriba a abajo. Como decimos la planta de estos miradores solía ser rectangular, pero en algún caso también podía ser de medio hexágono. Destacan particularmente por su plasticidad y belleza algunos miradores en esquina.

Carpintería interior. Las escaleras

En lo que se refiere a la carpintería interior, son parte importante las «puertas de recibidores», es decir, las puertas que daban acceso a la vivienda propiamente y que solían ser dos en cada planta.

Sobre ellas se dice que debían ir en pino de Holanda, de Suecia, de Francia, ... de un grosor mayor que el de las puertas del interior y de unas dimensio-

nes en torno a los 2,40 metros de altura por 90 centímetros de anchura. Que dichas puertas debían estar bien trabajadas y «colocadas con la ferretería necesaria al efecto» y que consistía en un picaporte de manilla de metal dorado, y una rejilla de metal y la aldaba. En un caso se nos dice concretamente «En el centro de cada puerta se colocará una rejilla de metal con un ventanillo de resorte de la misma clase y unas aldabillas de metal de un tamaño regular y de las usadas generalmente o que se venden en las quincallas».

Las puertas interiores de las piezas iban ensambladas en forma acanalada siendo algunas de ellas de cristales y en pino de Holanda o pino de Francia lo más frecuentemente, aunque también se cita el pino rojo del Báltico. Pero parece claro que existía una jerarquía conforme a la importancia de la estancia de modo que las puertas que daban a los dormitorios fueran moldeadas solo por una cara y las de las cocinas, salas y gabinetes por ambas *y* «sacándoles una platabanda en todas las caras».

En cuanto a su tamaño, parece que la altura estaba en torno a los 2,20 y la anchura variaba conforme al tipo de pieza. Así se empleaba una anchura de 85 centímetros para comedores, 80 para cocinas y 70 para puertas de alcobas. No obstante también se habla de una amplitud de 90 o incluso, según la estancia, de 1,10. Las fallebas y picaportes solían ser de chapa y muelle con los botones y manillas de latón. Las puertas acristaladas se reservaban a las piezas más nobles.

Pero como decíamos más arriba, la pieza de madera que revestía una particular relevancia en los interiores de estos bloques de viviendas, verdadero corazón del edificio, órgano relacional por excelencia y, por tanto, objeto de una detenida atención era la escalera. Su importancia requeriría igualmente una más pormenorizada atención dada su variedad y riqueza siempre en función de la calidad y categoría de la edificación, pero dado el espacio de que disponemos nos limitaremos a destacar algunas generalidades.

Habitualmente y, en buena lógica, se aconsejaba que la escalera se encontrara a poca distancia de la entrada de la casa y a poder ser muy visible y que su arranque estuviera despejado, siendo importante que, delante del primer escalón, hubiera el mayor espacio posible. Para facilitar el acceso se recomendaba que el pasamano estuviera en la derecha salvo que las necesidades de distribución de planta aconsejaran otra cosa (figura 5).

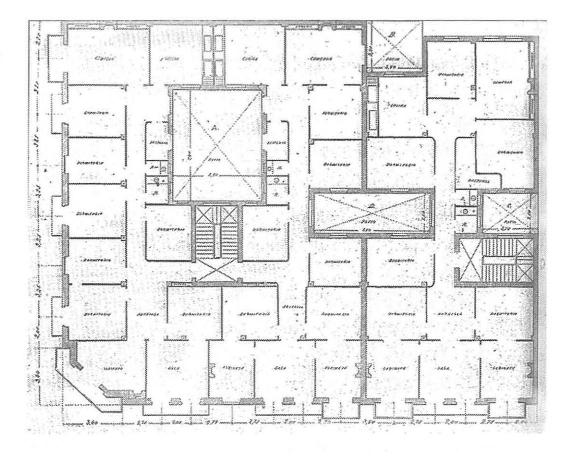


Figura 5
Escaleras. Plano de la planta de una casa doble y en una sencilla en el Ensanche (1886)

En las Ordenanzas de 1885 se abunda (Artículo 13) en la obligatoriedad de que las cajas de escalera fueran de fábrica y más adelante se dice textualmente en el Artículo 32: «Las escaleras se construirán, a poder ser, de tramos rectos y deberán ser espaciosas, suaves y sobre todo, bien iluminadas; de modo que si son de las llamadas de ojo y este es menor de 80 centímetros en su menor dimensión, deberán ser iluminadas directamente, es decir, tomando luces de calle o de patio, pero de ningún modo cenitales. El ancho mínimo de los tramos será de un metro».

En Bilbao, las formas de las escaleras no son uniformes aunque las más comunes están entre el cuadrado y el rectángulo. Así mismo sus cajas pueden presentar unas dimensiones variables, de 3 metros × 3 metros; de 2,30 × 3,30, de 2,60 × 3,50; 2,60 × 3,40; 2,80 × 3,60; de 2,50 × 5 etc... Por su parte, la longitud de los escalones está entre 0,80 y 1 metro o 1,05 o 1,10.

Encontramos escaleras del tipo de rampa recta de ojo y que están formadas por una serie de dichas rampas rectas interrumpidas por los descansos que forman entre sí el hueco u ojo. Este ojo presenta también una amplitud variable pero podríamos situarlo entre los 40 e incluso 30 centímetros. En estas escaleras de rampa recta los peldaños son paralelos y se sube sin volver, aunque es necesario interrumpirla por el aludido descanso que Barré (1899) recomienda que sea cada 18 escalones.

Claro que otra forma muy usual es la escalera que se llama de ida y vuelta interrumpida igualmente por descansos y que está formada generalmente por partes rectas, elevándose en dos direcciones diferentes. La parte de escalera comprendida entre el escalón de arranque y el primer descansillo o de un descansillo a otro, se llama tiro o tramo de escalera y, por lo común, se compone de un número impar de escalones, 13, 15 y19 como máximo.

Es muy frecuente que el primer escalón situado en el piso bajo se coloque empotrado en el suelo y que sirva de apoyo a la zanca de la escalera, este escalón suele terminarse en forma curva y por lo común es de piedra. Por su parte, la relación recomendada para un escalón poco fatigoso está en 16 centímetros de contrahuella por 31 de huella.

En cuanto a las barandillas, estas presentan también muy variadas formas y pueden ir en madera torneada o en hierro de fundición. En cuanto a su altura esta puede oscilar entre 0,92 centímetros o 1 metro. El arranque de la barandilla se apoya sobre una pilastra fijada al escalón de arranque y puede ser más o menos sencilla o bien presentar algún trabajo de carpintería. También los pasamanos pueden presentar sus variedades sobre todo lo que afecta al material, siendo su perfil por lo común rectangular y redondeando los ángulos.

Respecto a la madera empleada parece que no era la misma para todos los elementos de la escalera. Un ejemplo tomado de uno de los pliegos de condiciones consultados nos puede dar una idea al respecto cuando dice: «La escalera según indica el plano será las huellas y banzo del ojo de roble seco de buena calidad. El banzo del ojo que irá arrimado a la pared será de pino y sobre el se colocarán los balaustres de tea de 5 cmts de grueso bien torneados para barnizarlos a brocha colocándolos con buenas espigas por la parte inferior y por la superior se pondrá una llanta de hierro de 3 cmts de ancho y 7 mm de grueso siendo recibido con tirafondos o tornillos. El pasamanos será de nogal o caoba de buena calidad. En el arranque de la escalera se colocará una pilastra de pino tea de 10 cmts de grueso dándole las mismas formas que los balaustres».

Las escaleras podían ser igualmente de pino de Suecia y los balaustres de fresno o bien emplear el pino de Holanda indistintamente para escalones, banzos, pilastras, balaustres y pasamanos. Las variaciones son muy numerosas y las combinaciones igualmente abundantes. No obstante en todas se añade la consideración de la importancia de que «El clavazón de todo esto será bueno con clavos reforzados de 16 cmts tanto en las zancas como en las pilastras y las huellas, frentes y demás, con puntas de alambre dejando todo ello bien concluido y sin que los huecos de los balaustres pasen de 12 cmts».

Queda pues patente la abundancia, variedad y riqueza de la madera en este caserío de finales del siglo XIX en Bilbao, sobre todo a la luz de algunas intervenciones, restauraciones, reconstrucciones y sustituciones que se vienen sucediendo en este preciado patrimonio arquitectónico. Quizá sería interesar aludir también a que la carpintería exterior (y en buena medida la interior) de la vivienda de vecindad se presentaba siempre pintada, con pintura al óleo, aunque raramente en los contratos de obra se precise el color. Normalmente se habla de tres capas tras una primera mano de imprimación. En ocasiones no se especifica el número de «baños» a dar atendiendo a que estos debían ser «tantos cuantos sean necesarios para la completa perfección con arreglo a la clase de la obra», siendo el citado color, por lo general, el que finalmente designaba el Director de la obra.

Notas

1. Respecto a este término soliva, escrito también como soliba, y los derivados, solivadura, solivería ... si bien no figuran ni en la R.A.E. ni en los diccionarios de Arquitectura y Construcción consultados, son, no obstante, continuamente citados por nuestros técnicos de este momento en Bilbao. Se pueden leer cosas como «Las solibas para los suelos de la cocina y escusados serán de roble y en las lonjas el roble debe ser viejo». «Las solibas de los tres pisos altos y bohardillas serán de pino rojo...» En el *Diccionario básico de la construcción*, de Zurita Ruiz, José, Barcelona, CEAC, 1991, p. 194: soliva: viga de madera.

Lista de referencias

Barberot, E. 1921. *Tratado práctico de edificación.* Barcelona: Gustavo Gili.

Barberot, E. 1946. *Tratado práctico de la carpintería.* Segunda edición. Barcelona: Gustavo Gili.

Barré, L.A. Nº 5. 1899. *Carpintería de Taller.* Madrid: Casa Editorial Baillo-Bailliere.

Brizguz y Bru, Atanasio Gervasio. 1804. *Escuela de Arquitectura Civil en que se contienen los ordenes de Arquitectura, la distribucion de los Planos de Templos y Ca-*

sas, y el conocimiento de los materiales. Valencia. Libro Tercero. PROP.VI.

Esselborg, E. 1928. *Tratado General de Construcción. Construcción de Edificios*. Versión de la 8ª Edición alemana. Barcelona: Gustavo Gili.

García Navarro, Justo; de la Peña Pareja, Eduardo. 2001. «Breve historia de la madera en la construcción (II)». *AITIM* nº 212 (julio-agosto 2001).

Peraza Sánchez, E. 2000. *Carpintería. Puertas, ventanas y escaleras de madera*. Madrid: Ministerio de Innovación y Tecnología.

—. 1985. *Proyecto de Ordenanzas de Construcción Vigente en el Casco y Ensanche de la I. Villa de Bilbao*. Bilbao: Imprenta de M. Echevarría.

—. 1857. *Reglamento que se ha de observar en Bilbao en la Construcción de Edificios de nueva planta y en los que se reforman parcialmente sean antiguos o modernos*. Bilbao: Imp. Y Lit. de Juan E. Delmas.

—. 1868. *Reglamento que se ha de observar en Bilbao en la Construcción de Edificios de nueva planta y en los que se reformen parcialmente sean antiguos o modernos aprobado por Real Orden de 14 de julio de 1868 de conformidad con el dictamen emitido por la sección de arquitectura de la real Academia de San Fernando*. Bilbao: Imprenta de Miguel de Larumbe.

—. 1883. *Reglamento para la Construcción y Reforma de Edificios en la República de Abando*. Bilbao: Imp. Lib. Y Lit. de Juan E. Delmas.

Análisis de la construcción de la Librería Capitular en la Catedral de Ávila según el contrato de obra con Martín de Solórzano de 1485

Mª Ángeles Benito Pradillo

La fábrica catedralicia de Ávila

La Catedral de Ávila será la última de las cuatro catedrales iniciada en época románica de la extremadura castellana, junto a la salmantina, la de Ciudad Rodrigo y la desaparecida de Segovia. La relación entre la muralla y la Catedral se hace especialmente patente en la parte de la cabecera que se denomina cimorro, se convierte en el cubo mayor del recinto amurallado.

En el último cuarto del siglo XII encontramos, trazada por Fruchel, una cabecera con múltiples capillas absidiales que se abrían a la girola. Ésta será iniciada de acuerdo con unas pautas románicas que terminará construyéndose con claros influjos góticos, existiendo un ajuste de una estructura gótica sobre una planta románica.

El resto del templo será considerado como una de las primeras fábricas góticas. Como etapa cluniacense y final del románico encontramos la esquina noreste del claustro, utilizada como primera sacristía, y la construcción de las torres. El crucero será ampliado en el testero norte a comienzos del siglo XIV al no realizarse la tribuna sobre la nave lateral. Esta modificación llevará consigo un cambio en los huecos de iluminación. Podemos considerar terminado el cuerpo de naves y crucero bajo el mecenazgo del obispo Blázquez Dávila, 1313–1355, con la realización de las bóvedas y el claristorio sobre la nave central.

Junto a este cuerpo principal de la catedral encontramos varias capillas cuya autoría se da a Don Varón, como maestro de obras.[1] Estas capillas situadas en el brazo sur del crucero son la Sala del Tesoro o Sala del Sagrario y la Capilla de San Bernabé o antigua Sala Capitular. Esta última dará acceso a la Librería Capitular, también llamada Capilla del Cardenal, de cuya construcción trataremos en esta comunicación.

En relación con el Claustro nos encontramos referencias fechadas en el siglo XIV, relativas a enterra-

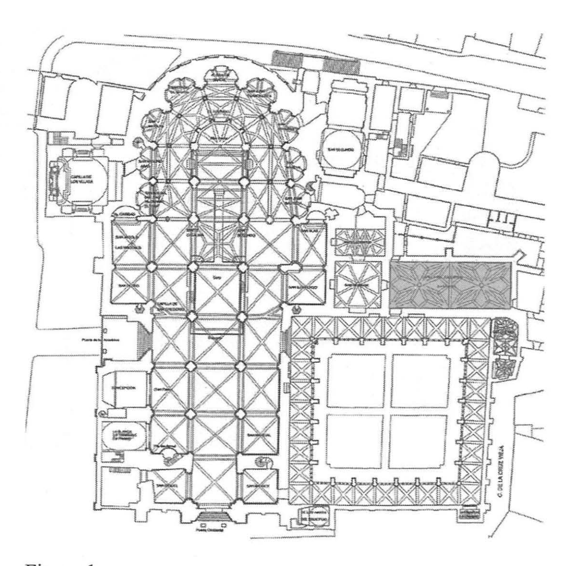


Figura 1
Planta de la Catedral de Ávila señalando la Librería Capitular. Plan Director Feduchi 1995

mientos y procesiones funerarias,[2] que nos indican la existencia de la panda norte y este del claustro. La primera corresponde al muro sur de la catedral desde el que tiene un acceso y la segunda tiene dos puertas que comunican con la capilla de San Bernabé o antigua Sala Capitular y con la Librería Capitular. La primera puerta fue cegada en el siglo XVIII para la colocación del retablo en el interior de la capilla y actualmente ciega pero visible desde el claustro. Aunque debido a los numerosos problemas económicos que alargaron la conclusión de la catedral hasta entrado el siglo XVI, podemos afirmar que no es probable la aparición del claustro completo hasta ese siglo.

Las librerías Capitulares

Los Cabildos catedralicios en la Baja Edad Media comenzaron a construir ámbitos específicos en los que depositar los libros pertenecientes a la institución que ya empezaban a tener un volumen considerable. De esta forma la librería se convirtió en un lugar específico y monumentalizado. Junto a Librerías Catedralicias relativamente tempranas, como la de Santiago de Compostela, los tres casos más significativos en España, son los espacios claustrales construidos para tal fin en Ávila, León y Salamanca, figura 2 (Carrero 1999). Este tipo de construcciones en los edificios de los últimos años de la Baja Edad Media también se hallan en otras zonas de Europa, especialmente relevantes son las librerías francesas en Toul, Rouen, Senlis, Noyon, Troyes o Tours, edificadas en fechas similares a la de Ávila y siguiendo el mismo esquema tipológico. En el caso de Troyes, la primera biblioteca se situó en la Sala Capitular, construyéndose un edificio específico junto a la fachada sur de la catedral a finales del siglo XV.

El maestro de obras Martín de Solórzano

Del Maestro Martín de Solórzano o Martín Ruiz de Solórzano la tradición documental indica que era un maestro de cantería muy acreditado, «natural del concejo de Santa María de Haces, también denominado Haces de Cestro, en la merindad de la Trasmiera» (Sojo y Lombas 1935).

En su fase de formación tiene influencias toledanas, también sabemos que trabajó con su hermano

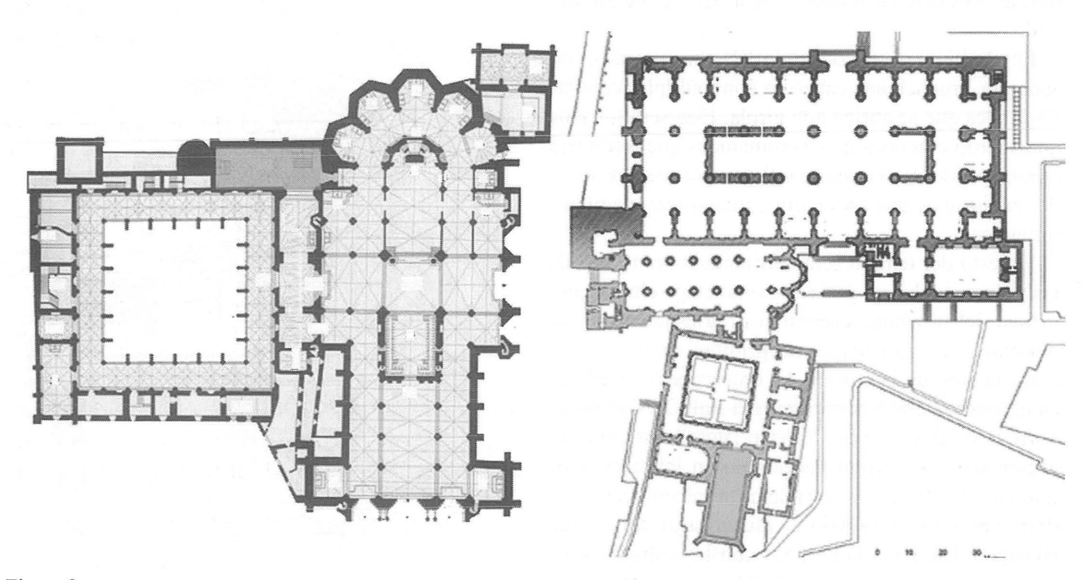


Figura 2
Derecha: planta de la Catedral de Salamanca. Izquierda: planta de la Catedral de León señalando en ambas la Librería Capitular

Bartolomé en diversos edificios en Cantabria como también en la Catedral de Palencia. De este modo, continúa el *modus operandi* de los maestros trasmeranos, formando cuadrillas familiares. Vemos la colaboración de Pedro del Vado, sobrino de Martín de Solórzano, en la ermita de Sonsoles y en la Catedral de Coria. También sus hijos los encontramos vinculados a él en algunas obras. En lo referente a la Librería Capitular de la Catedral de Ávila encontramos a su hijo Juan de Solórzano en 1496 sustituyendo a su padre junto a Pedro de Serrecines, encontramos referencias a los pagos realizados en los libros de cuentas de ese año.[3] Igualmente, colaboran Diego de Matienzo y Martín de Aguirre, canteros montañeses, procedentes del valle de la Trasmiera. Todos ellos estarán presentes en el panorama artístico abulense a lo largo de todo el siglo XVI.

Su llegada a Ávila es anterior a 1487 ya que en esa fecha lo encontramos como destinatario de los bienes de Catalina Alfonso Docosa, la cual en su testamento hace referencia a él «y Martín de Solórzano, cantero, moradores de esta ciudad»[4]

Se estableció en Ávila durante cierto tiempo, como queda constancia en los documentos que encontramos de pagos realizados tanto a él como a sus hijos. En esta ciudad de Ávila conoció a Juan Guas y participó con él en diversas obras en la Catedral. El 11 de abril de 1483 comienza la obra del convento de Santo Tomás de Ávila y ya estaría terminada en lo esencial el 5 de agosto de 1493; aunque sería considerado maestro de la obra de dicho monasterio, que debió prolongarse hasta la fecha de su muerte en 1506. Simultáneamente se le encargará la obra de la Librería Capitular abulense que estudiaremos a continuación con detalle.

Proceso Constructivo de la Librería Capitular de la Catedral de Ávila

Todos los datos relativos a la construcción de la Librería Capitular los encontramos en el *Carta de Obligación de la obra de la Librería de Martín de Solórzano*.[5] Este contrato, fechado el 29 de enero de 1495 está encabezado por las personas presentes a la firma del mismo; después se van realizando diferentes *ítem* en relación con los materiales, disposición constructiva y medios auxiliares que iremos analizando a continuación. Estas indicaciones las encontramos a modo de «recetas» e incluso inconexas en algunos casos a lo largo de todo el documento.

Inicio y emplazamiento

Para la Librería Capitular de la Catedral de Ávila en 1490 se documenta la primera noticia sobre la intención de un cambio de ubicación de los libros, cuando el Cabildo nombró una comisión para estudiar dónde podría colocarse (Gómez Moreno 2007). En 1494 se vuelven a trasladar los fondos librarios a unas casas junto a la claustra, por «la mucha necesidad que la dicha yglesia tiene de una librería perpetua»[6]. El 29 de enero de 1495 aparece documentada en un contrato de obra con Martín de Solórzano, el cual en ese momento se encontraba trabajando en el convento de Santo Tomás en la mima ciudad de Ávila.

> En la dicha capilla de San Bernabé, que es dentro de la iglesia de Ávila, veinte e nueve días del mes de enero, año del Señor de mil e cuatrocientos e noventa e cinco años. Estando los venerables señores deán e cabildo de la dicha iglesia de Ávila ayuntados ... Martín de Solórzano, maestro de cantería, se obligó de facer a la dicha iglesia de Ávila en su nombre una librería que se ha de facer en la dicha iglesia, en las casas donde agora vive el dicho John Ortiz canónigo de la dicha iglesia, la qual ha de fazer e se obligó en la forma siguiente que de aquí en adelante se dirá:

El espacio destinado para la librería será el restante en la panda este tras la sala capitular y abierta al claustro. La localización de la pieza de la librería se realizará situada entre la muralla y el claustro:

> Primeramente, que la dicha librería comience desde la claustra fasta la cerca y se cimiente en lo firme, a vista e contentamiento de dos beneficiados de la dicha iglesia de Ávila, quales su señoría el señor obispo de Ávila y los dichos señores deán e cabildo señalaren

Más adelante encontramos una referencia a la necesidad de conseguir una licencia para la apertura de un hueco en la muralla:

> Quel dicho Cabildo procure la licencia de sus altezas para abrir el postigo del muro de la ciudad, y en caso que no se pudiera aver la dicha licencia, que le darán veinte mil mrs.

Dimensiones y geometría de la pieza

El edificio se construyó según este contrato casi al pie de la letra como podemos observar en la actualidad. Se trata de un espacio rectangular dividido en dos tramos, cubierto con bóvedas estrelladas que apoyan sobre ménsulas. El documento de la obligación de la cantería nos proporciona las dimensiones de la sala medidas en pies. Teniendo en cuenta la metrología utilizada en la Catedral según Merino de Cáceres 1994, podríamos otorgar una valoración para el módulo de 30 cm correspondiente a un *pie romano*. Presenta una dimensión intermedia entre las iglesias monásticas románicas y las catedrales góticas clásicas. Las dimensiones serán: 70 pies de largo, 33 de ancho medido a caras interiores y la altura desde el suelo del claustro hasta las claves principales 60 pies. Según estas indicaciones las dimensiones de la planta deberían ser de 9,9 m de ancho, medido a caras interiores, 21 m de longitud y una altura hasta las claves principales de 18 m.

> Ytem. Que en luengo de la dicha librería aya setenta pies en largo. Ytem. Que en el ancho aya treynta e tres pies en el hueco. Ytem. Que en el alto aya, nivelado con el suelo que agora tiene la claustra de la dyca yglesia, sesenta pies de alto de las claves principales al suelo de la claustra.

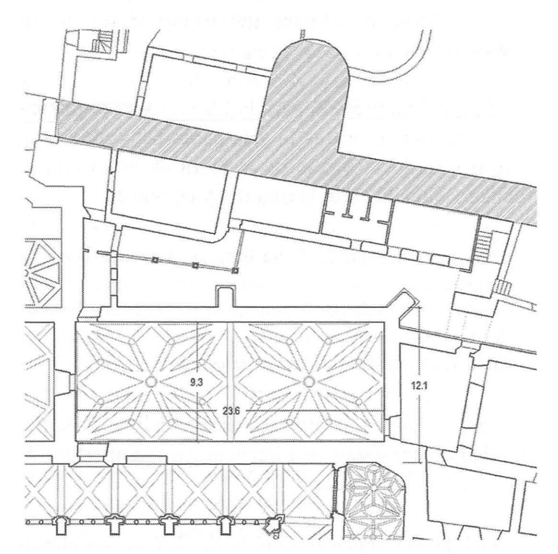


Figura 3
Dimensiones en planta de la Librería Capitular de la Catedral de Ávila

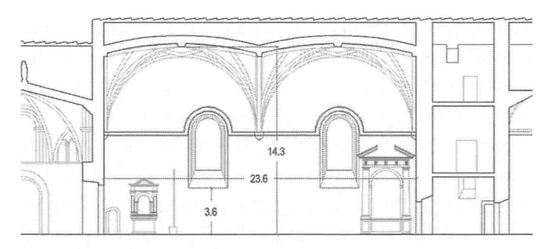


Figura 4
Sección longitudinal acotada de la Librería Capitular de la Catedral de Ávila. Cimentación: modo y materiales utilizados en ella

Como podemos observar en la figura 3 y figura 4, estas medidas no son las que finalmente se contruyeron. Estos cambios en las dimensiones también estaban previstos en el Contrato con Martín de Solórzano donde, incluso hace mención a la modificación en el precio diciendo:

> Ytem. Que si fuera menester que la dicha librería sea más ancha o más angosta o más alta o más baja o más larga o más corta, que se crezca o se disminuya en el prescio a vista de Alfonso de Córdoba, canónigo de la dicha iglesia, e de Rodrigo de Oropesa, vezino de Ávila.

Referencias a elementos estructurales

Se hace una referencia expresa tanto a las dimensiones de la cimentación como a la altura a la cual se tenía se colocar el suelo de la librería.

> Ytem. Que los cimientos que sean, fasta salir de tierra, de cinco pues de ancho, e después de salido de tierra de cuatro pies.

Debido a la diferencia de cota en el eje este-oeste de la catedral el edificio se construyó sobre una dependencia subterránea, destinada a nivelar el espacio del claustro con el terreno circundante, lindante a las murallas, figura 5. Este espacio fue utilizado como cimentación mediante arcos y pozos; se señala también la importancia de que esté vacío de tierra y ventilado para evitar las humedades que pudieran ascender por capilaridad. También aparece una referencia expresa al tipo de mortero con el que se ha de realizar esta zona de la cimentación que ha de ser mortero

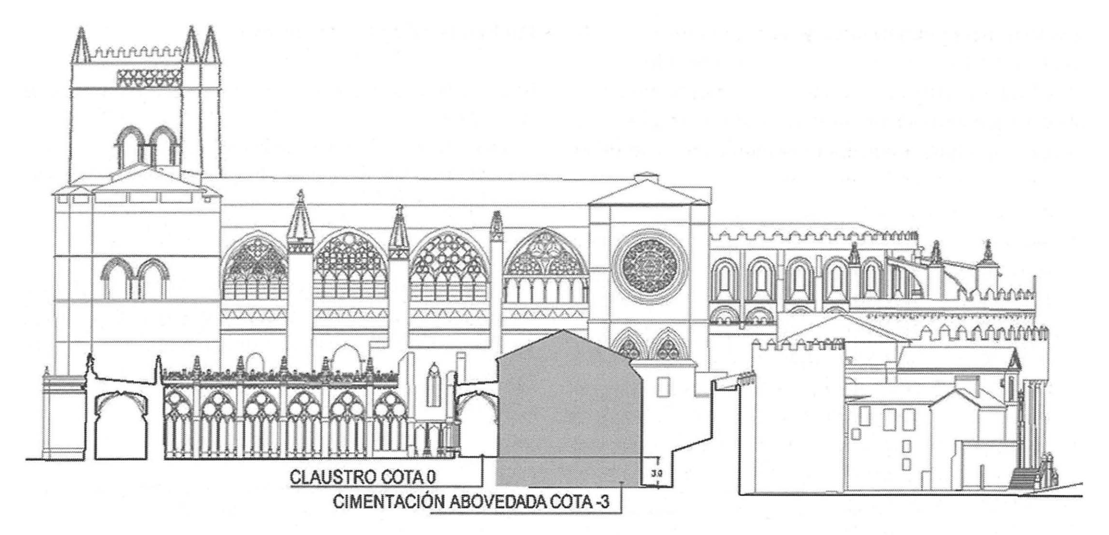


Figura 5
Sección transversal donde se aprecia la diferencia de altura del claustro al espacio exterior lindante con las murallas

de *cal de Hutero*, que le dotaría de una mayor capacidad hidrófuga:

> Ytem. Que por la parte de dentro, si sela mandaren faser, aya en el suelo primero una bóveda de ladrillo con sus arcos de berroqueño que en el tradós venga a nivel del suelo de la claustra ... Ytem. Que está obligado en la bóveda de abaxo de faser quatro ventanas, vaciar la tierra de la dicha bóveda e ha de llevar la cal de Hituero una fanega de cal e dos fanegas de arena.

Cuando en el manuscrito se habla de las bóvedas no aparecen datos en relación a cálculos de empujes o dimensionado de los nervios, simplemente nos dice que sean *gentiles*. Esta referencia nos lleva a pensar que las dimensiones de los nervios eran suficientemente conocidas de los canteros[7] así como el proceso constructivo de las bóvedas (Rabasa 2000). Sin embargo aparece una referencia a los materiales de los que se construirán los nervios y la plementería que será de piedra caleña. Además sitúa el punto de arranque de los nervios en la fachada interior y detalla el numero de claves que tendrán las bóvedas de lo cual se deduce el diseño geométrico de los terceletes.

> Ytem. Que encima de las represas donde han de començar los jarjamentos ... Ytem. Que los jarjamentos y cruceros e terçeletes sean muy gentiles molduras de piedra caleña. Ytem. Que la piedra de las bóvedas desta librería sean de la misma piedra caleña. Ytem. Que en esta librería a de aver diez e nueve claves, según están en la muestra debujadas, la qual tienen los dichos señores.

Esta *muestra* a la que hace referencia para el diseño de la bóveda no se ha localizado; podría haber sido tanto una traza como una maqueta.

Desde el punto de vista estructural nos encontramos una referencia al sistema de contrarresto mediante botaretes colocados contrarrestando el empuje horizontal de los nervios perpiaños. Para el contrarresto del perpiaño central se colocarán los botaretes en perpendicular a la fachada y para el contrarresto de los ángulos de la sala se girarán 45º, ver la planta en la figura 3:

> Ytem. Que aya seis botaretes, en medio dos y en las quatro esquenas otros sendos, de la grandeza que conviene a dicha Yglesia, e que vayan enchapados e mueran con sus chapas quatro pies debajo del entablamento.

El manuscrito nos ofrece datos de la forma que deben tener los botaretes, reduciéndose su sección en la parte superior. Esto es ya conocido en las antiguas teorías de cálculos de estribos; uno de estos métodos consiste en buscar la forma del estribo de modo que la línea de empujes pase siempre por el centro de la

sección, manteniendo la cara interior vertical y realizando retallos en la cara exterior, obteniendo así una distribución uniforme de tensiones. Como podemos observar en la figura 6 la inclusión de retallos en el estribo incrementa considerablemente su estabilidad.

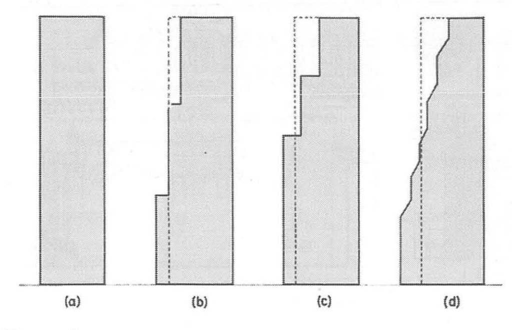


Figura 6
Estribos de igual área y distinta forma presentan momentos de estabilidad diferentes; tomando como 1 el valor de la situación en (a), el momento de estabilidad en (b) es de 1,71, en (c) de 1,63 y en (d) de 2,18. Huerta 2004

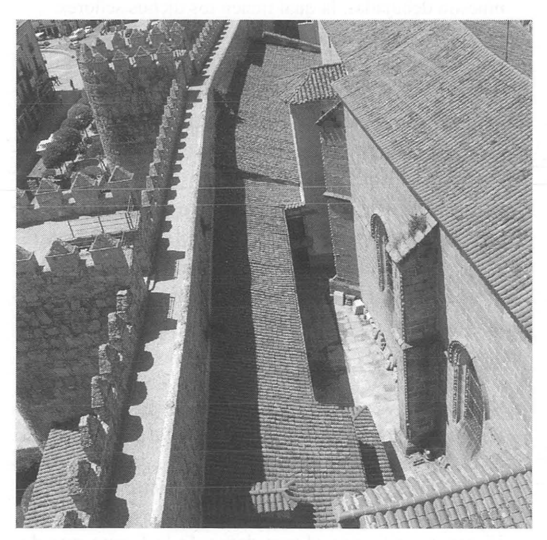


Figura 7
Vista exterior de la Librería donde se aprecian los botaretes con su decoración de bolas y las ventanas para iluminación de la sala. También apreciamos en la fotografía la relación con la muralla de la ciudad. Fotografía perteneciente al Archivo de la Catedral

Fachadas exteriores y accesos

El exterior está decorado con las características bolas de granito.

> Ytem. Que en el remate de la dicha obra aya su entablamento bien labrado con sus bolas e moldura. Ytem. Que en los botaretes lleven en el medio de la dicha obra otro entablamento asimismo de sus bolas e molduras.

La sala se ilumina mediante dos ventanas situadas en la fachada este que limita con el exterior, figura 7, ya que la fachada oeste comunica con el claustro. Se encuentra en el manuscrito una llamada de atención al margen con «ojo»:

> Ytem. Que aya en la dicha librería quatro ventanas muy bien obradas de sus molduras, de la grandeza que le fuere mandado, y en los logares do le fuere mandado y el viere que más converná al bien de la obra.

Existe un documento del 4 de mayo de 1498 donde Juan de Valdivieso y Diego de Santillana se obligan para realizar tres vidrieras en la Librería, figura 8:

> «Juan de Valdivieso e Diego de Santillan vecinos de Burgos otorgaron que recibió de Alonso de Córdoba mayordomo que fue de la fábrica, diez mil e nuevecientos e

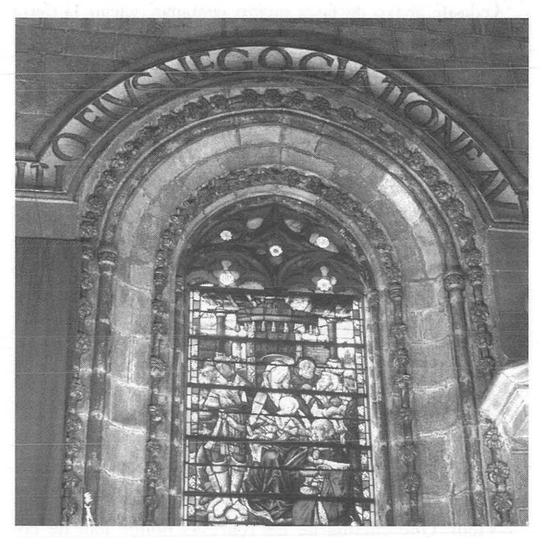


Figura 8
Detalle de la vidriera de la Librería Capitular

veinte e un maravedís que montó en las cuatro vedrieras de tras del coro, a razón de a treinta e nueve pies cada ventana; e renunció las leyes; pena XX maravedís ... Este día se obligaron los dichos Juan de Valdivieso e Diego de Santillana, vecinos de Burgos, a voz de uno, de facer en la dicha iglesia tres ventanas de vedrieras de la librería estoriadas e muy ricas, la una de la Transfiguración e la otra del Nascimiento de Nuestro Señor e la otra de los Reyes, todas muy acompañadas con lo ... e debaxo de cada ventana dos escudos de armas, uno de la iglesia e otro de las armas del señor obispo. Lo cual se obligaron de facer a vista del señor canónigo Alonso de Córdoba e por lo que el dicho Alonso de Córdoba mandare, fasta en fin de enero primero que viene. Para en pago de lo cual recibieron del señor John Sánchez de Grajal mayordomo de la dicha iglesia dos castellanos de oro, de que se otorgaron por pagados; e renunciaron las leyes, pena de lo complir cien maravedís cada día; obligaron sus bienes e juraron. E el dicho Juan Sánchez se obligó en nombre de la fábrica de lo pagar e de les dar posada cuando vinieren a lo facer».[8]

Los accesos originales en su construcción fueron la puerta de comunicación con el claustro y otra que conduce a un pasillo exterior paralelo a la muralla. La primera puerta, que comunica con el claustro, estaba prevista en el contrato de obra de la siguiente forma:

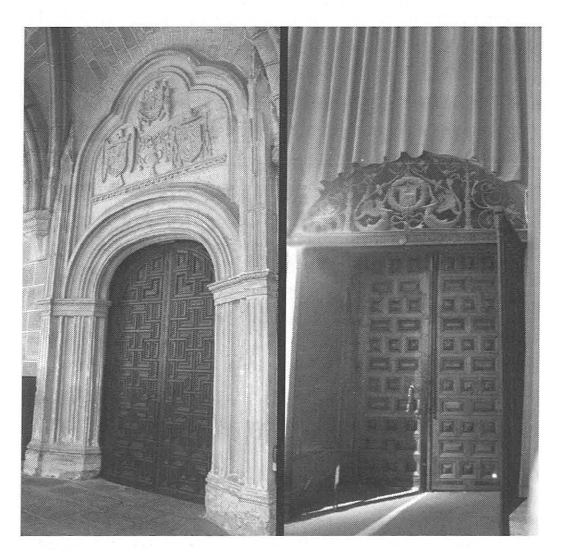


Figura 9
Puerta de acceso a la Librería Capitular desde la panda este del Claustro, desde el interior de la Librería Capitular a la derecha y desde el claustro a la izquierda

Ytem. Que en la claustra de la yglesia faga una portada según el tamaño que allí converná y en la parte que le fuera mandado, para entrar en la dicha librería de sus molduras e follajes e rrejas, muy bien obrado todo.

Esta portada es un vano gótico tardío con un arco de ingreso apainelado rematado con un tímpano trilobulado con los emblemas del cabildo y del obispo don Alfonso Carrillo de Albornoz, figura 9.

En la actualidad encontramos otra puerta de comunicación con la Sala Capitular o Capilla de San Bernabé, abierta en el siglo XVI. La decoración fue realizada por Vasco de la Zarza, realizada en granito con pilastras corintias sobre pedestales y escudos laterales de la Iglesia y del Obispo Carrillo de Albornoz.

Materiales de fábrica y acabados

El material elegido para las fachadas exteriores será de piedra berroqueña que permite la labra de las bolas que lo decoran, como hemos visto en el epígrafe anterior:

Ytem. Que por la parte de fuera sea toda su sillería de piedra berroqueña, como la iglesia de señor Santo Thomás, todo muy bien obrado.

En las fachadas interiores indica pormenorizadamente los materiales de los que será construido. En la parte inferior se colocará mampostería hasta la cornisa interior y las ménsulas o represas; altura a la que nacen los nervios de las bóvedas que será de sillería de piedra caleña, figura 10:

Ytem. Questa obra sea, por la parte de dentro fasta el letrero e represas, de su mampostería, muy bien asentado ... Item. Que encima de las represas, donde han de començar los jarjamentos, un letrero de la forma del de Santo Tomás Ytem. Que dende arriba sea de su syllería de caleño como Santo Thomás.

La labra de las claves de la bóveda aparece detallada tanto en lo referente al material utilizado como al motivo que en ella se debe labrar:

Ytem. Que en las tres claves principales que ha de aver en la bóveda, que aya, en la una, las armas de la Iglesia, y en la otra, las armas reales, y en la otra, las armas de su señoría, lo mejor obrada que ser podrá en piedra caleña.

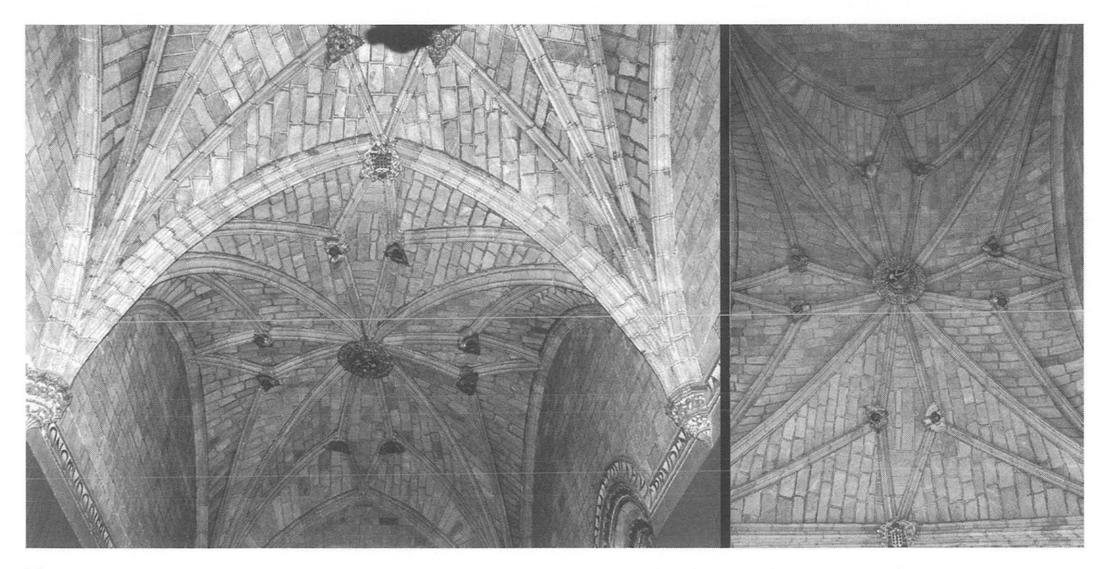


Figura 10
Detalle de la bóveda donde se aprecian los nervios, las claves y los terceletes, en la izquierda arranque de las ménsulas. Fotografía perteneciente al Archivo de la Catedral

En relación con los acabados nos habla el documento de revocos en el exterior y enlucidos y pintados en el interior. Posiblemente la bóveda no se viera tal y como la encontramos ahora con la piedra vista, sino que quedaría tapada por las pinturas y revocos, distinguiendo en el interior la parte baja hasta la cornisa de la parte alta:

> Ytem. Que acabada la obra, así por de fuera la revocará muy bien, y por de dentro, fasta el letrero, muy bien enlucida y canteada, e del letrero arriba, revocada e pincelada, todo muy bien obrado.

Gestión de la obra de la Librería Capitular de la Catedral de Ávila

Organización de la obra

En el siguiente fragmento encontramos varios temas interesantes para destacar en relación con la organización de la obra. Una nota distintiva y característica de la construcción medieval era que el acopio de materiales necesarios para la realización de la obra corría a cargo del maestro de obras. También encontramos al final del texto una referencia al taller de la obra, elemento característico también de las obras medievales. En estos talleres convivían con los maestros los aprendices como forma de conocer la profesión de cantero o maestro de obras. La forma de control de la obra se realizaba mediante la inspección de otros maestros antes de efectuar el pago de la misma.

> Ytem. Quel dicho Solórzano ponga todos los pertrechos de piedra e cal e andamio e sogas e ... y todo lo que fasta ser acabada la dicha obra sea menester, agua e arena y quantas cosas serán menester fasta ser acabada y la dejará en toda perfición de cantería a vista de maestros, por precio que le darán por ella un cuento e cien mil mrs. y más la madera e piedra e teja de la dicha casa de Juan Ortiz, canónigo, para fazer talleres donde se labre.

Minutas y forma de pago

Aparece también una referencia explícita a la forma de pago una parte al comienzo de la obra y el resto según se va realizando la misma. El tiempo en el que se debía ejecutar la obra aparece reflejado de modo que si se terminara antes del tiempo firmado sería recompensado el maestro de obras económicamente:

Los quales mrs. le han de dar como fuera labrando y que le den luego, al prinçipio, sesenta mil mrs. e se obligó de dar fecha la dicha librería desde sant Juan de junio primero que viene en tres años, e que si antes deste tiempo acabare la dicha obra, que la dicha iglesia sea obligada a pagar por entero la dicha suma del dicho cuento e çient mil mrs.

Al ser nombrado Martín de Solórzano Maestro Mayor de las Catedrales de Coria y Plasencia dejó la obra de la librería a su hijo Juan y al cantero Pedro de Serresines, siendo concluida en 1499 Existen referencias al pago de la librería en las Actas Catedralicias en 1495, 1496, 1497, 1498 y 1499,[9] tanto a Martín de Solórzano como a su hijo.

Incumplimiento del contrato

Por otra parte el incumplimiento del contrato llevaba aparejado el pago por cada día que se incumpliera el contrato. Además era necesario responder con todos los bienes del maestro si no se realizaba conforme a lo firmado como vemos en el texto siguiente:

La qual dicha librería se obligó el dicho Martín de Solórzano de así complir e fazer, bien e firmemente, segúnd dicho es, so pena de una dobla de oro del cuño de Castilla por cada día que lo así non cumpliere, e la pena, pagada o non, que lo compla e pague, para lo qual ansí complir e fazer, obligó a ello a sí mismo e a todos sus bienes muebles e raízes, avidos e por aver, con los quales se sometió a la jurisdiçión de alguaçiles e juró en forjma debida a Dios e Santa María, de lo así complir, e de non reclamar dello ni pedir benefiçio de restituçión, justiçia ni absolución ni relajación dello a nuestro muy santo padre ni a sus penitenciarios ni cardenales ni arzobispos ni obispos ni a sus provisores, etc.

Semejanzas expresas en la «*Carta de obligación*» con el Monasterio de Santo Tomás en Ávila

Como ya hemos visto el maestro Martín de Solórzano al firmar la *Carta de Obligación*, se encontraba trabajando en el cercano Monasterio de Santo Tomás en la misma ciudad de Ávila. Esto era conocido por el Cabildo y hace uso de ello para pedir, en algunas ocasiones, que se realicen algunos puntos de la obra al igual que ya se habían realizado en el monasterio dominico. En el exterior la semejanza de los botaretes en tanto en la proporción como en la decoración de bolas es muy grande, figura 11:

Ytem. Que por la parte de fuera sea toda su syllería de piedra berroqueña como la yglesia de señor santo Thomás todo muy bien obrado

Más adelante sigue dando detalles del interior de la Librería. Vemos en la figura 12 la gran semejanza formal de las bóvedas de la Librería en la fábrica catedralicia con la planta inferior del Claustro del Silencio del Monasterio de Santo Tomás. Ambas son bóvedas con terceletes que arrancan sobre ménsulas.

Otra semejanza del interior de la Librería con el cercano monasterio dominico es la referencia que se hace el letrero que se colocará en la Librería Capitular, figura 13. De este letrero no queda constancia en el Monasterio de Santo Tomás.

Ytem. Que encima de las represas donde han de començar los jarjamentos un letrero de la forma del de Santo Thomás. Ytem Que dende arriba sea de su syllería de calenno como Santo Thomás

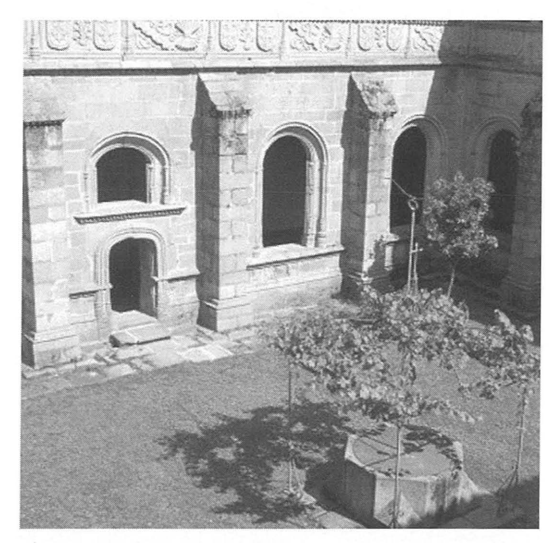


Figura 11
Vista de la fachada del claustro del Silencio del Monasterio de Santo Tomás, donde se aprecia una semejanza en cuanto al material utilizado y a la forma y decoración de los botaretes

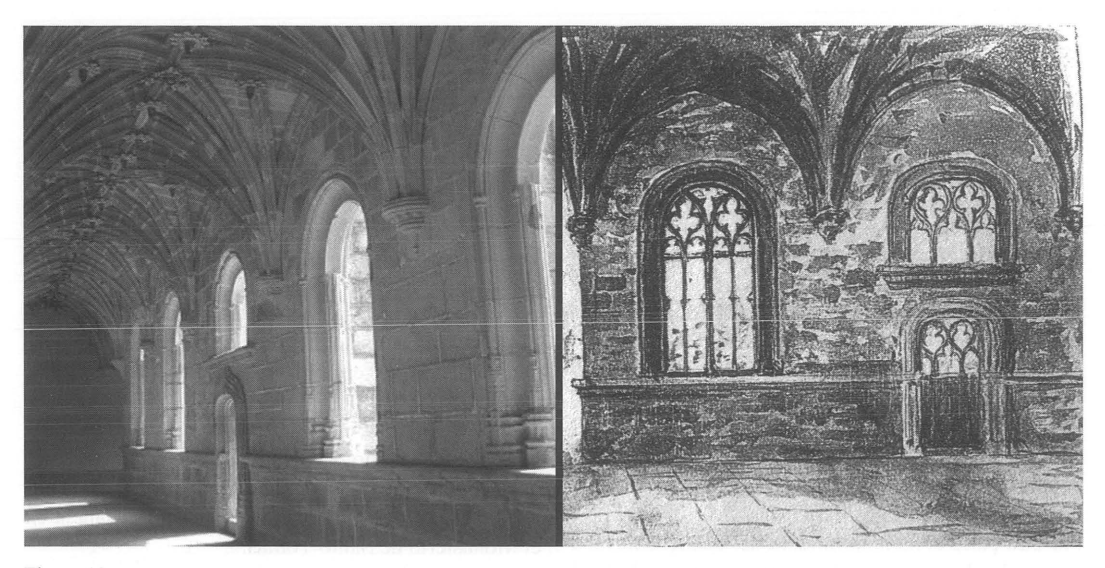


Figura 12
Detalle del arranque sobre ménsulas las bóvedas góticas del Claustro del Silencio del Monasterio de Santo Tomás, en la derecha Croquis del Claustro en Santiago, Fr. L., 1894: Informe sobre el claustro del Silencio, en ASTA, Caja Arte

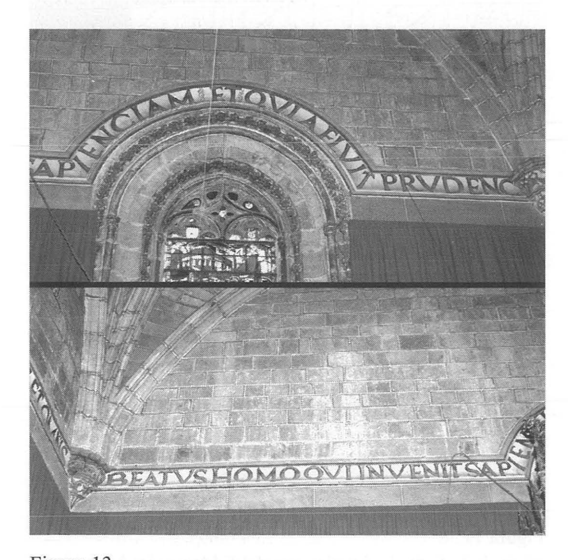


Figura 13
Detalle del *letrero* de la Librería Capitular de la Catedral de Ávila. Fotografía perteneciente al Archivo de la Catedral

Conclusiones

La primera conclusión que podemos extraer del estudio de este manuscrito es la existencia de un corpus teórico-práctico común a todas las construcciones en la etapa gótica. Esto podemos verlo por la referencias a edificios conocidos cercanos y coetáneos que aparecen en el manuscrito. También queda esto de manifiesto al hablar de la geometría de los nervios de la bóveda, no da medidas presisas sino que utiliza el adjetivo *gentil,* dando a entender las dimensiones por el conocimiento previo que tienen los maestros Lo cual implica un trabajo en gremios con procedimientos semejante en la construcción medieval. Tanto desde el punto de vista estructural-constructivo como formal es claro que existían unos conocimientos que se transmitían en las logias o talleres de canteros.

Esta forma de trasmisión de los conocimientos técnicos en talleres a pie de obra lo hemos visto de forma expresa cuando se habla en el documento de los materiales reutilizados con los que se ejecutará este taller, procedentes del derribo de la casa del canónigo Juan Ortiz. La ausencia de dibujos es también característico de esta época existiendo sin embargo algunos modelos a escala de algunas partes del edificio. En el caso que nos ocupa se hace referencia a este

modelo para el trazado de las bóvedas pero en la actualidad no se conserva. La forma de explicar el proyecto es también característica de los documentos medievales utilizando frases cortas a modo de recetas.

Notas

1. En el Archivo Histórico Nacional. Sección Clero. Pergaminos. Carpeta 20, n 15 . El 27 de diciembre de 1269: «Testigos llamados e rrogados: don Varon, maestro de la obra; e don Iufré, clerigo de nuestro señor obispo; e Peydro Martínez, el maestro; e Pascual Munnoz, fijo de Domingo Sánchez Cerviztuerto. Esto fue fecho, viernes, XXVII días de dizienbre, era de mil CCC e siete annos.»
2. «que anden en procesión con el crucifiso grande de cristal. Et la primera estación derredor del coro e ha de esta el crucifiso a la sepultura do yace Ferrand Muñoz, canónigo, con su rresponso de finados e su pater noster e su oración. Et la otra estación delante de la imagen grande de piedra de Santa María e la otra estación al pozo e la otra dentro de la dicha iglesia delante la puerta del coro» recogido en Barrios 1973, 39.
3. A.H.N. Sección de Códices L. 448.
4. Archivo Histórico Provincial de Ávila v. 1487–88: Registro sin nombre de escrituras, protocolo notarial nº 420, f. 261.
5. A.H.N. Sección de Códices L. 448 B fº 9–11 trascrito parcialmente por Gómez Moreno 2007, 455–457 y trascrito posteriormente de forma completa por Ruiz Ayucar 1999, 11–115.
6. A.H.N. Sección del Clero, libro 815, fº 10v.
7. Análisis, desde el punto de vista estructural, de las documentos escritos como fuentes de información de la construcción gótica, especialmente: El *Cuaderno de Villard de Honnecourt,* las *Reglas geométricas góticas* incluidas en fuentes renacentistas y barrocas y los *Tratados del gótico tardío alemán.* Así como, la validez de estos métodos comparados con el análisis estructural actual basado en el Análisis Límite de estructuras de fábrica. Ver Huerta 2004.
8. A.H.N. Sección de Códices L. 448 45 v: 170 344.
9. A.H.N. Sección de Códices L. 448.

Lista de referencias

Albardonero Freire, Antonio J. 2001. «Fuentes escritas para el conocimiento de la construcción medieval». *La técnica de la arquitectura medieval* 1: 15–35 Sevilla: Publicaciones Universidad de Sevilla.

Barrios García, Ángel. 1973. *La Catedral de Ávila en la Edad Media: Estructura socio-jurídica y económica.* Ávila: Caja Central de Ahorros y Préstamos de Ávila.

Barrios García, Ángel. 1981. *Documentación Medieval de la Catedral de Ávila.* Salamanca: Universidad de Salamanca.

Borrero Fernández, Mercedes. 2001. «Los medios humanos y la sociología de la construcción medieval». *La técnica de la arquitectura medieval* 1: 97–123. Sevilla: Publicaciones Universidad de Sevilla.

Campderá Gutiérrez, Beatriz. 2006. *Santo Tomás de Ávila: Historia de un proceso crono-constructivo.* Ávila: Institución Gran Duque de Alba.

Carrero Santamaría, Eduardo; «Las oficinas capitulares de la Catedral de Ávila». *Cuadernos Abulenses* 28: 134–138. Ávila: Institución Gran Duque de Alba.

Gómez Moreno, Manuel. 3 ed 2007. *Catálogo monumental de Ávila Tomo 1.* Ávila: Institución Gran Duque de Alba.

Gómez Moreno, Manuel. 1909. «Vasco de la Zarza, Escultor». *Boletín de la Sociedad Castellana de Excursiones,* Año VII, nº 79, Julio, 151.

González, Nicolás. 1981. *La catedral de Ávila.* Ávila: Everest.

Graciani, Amparo. 2001. «Los equipos de obra y los medios auxiliares en la Edad Media». *La técnica de la Arquitectura Medieval.* 1: 175–209. Sevilla: Publicaciones Universidad de Sevilla.

Gutiérrez Robledo, José Luis. 1996. «La Catedral de Ávila». *Sacras Mole: Catedrales de Castilla y León. Aquellas Blancas.* 2: 15–23. Valladolid: Colegio de Arquitectos de Castilla y León.

Heras Hernández, Félix. 1981. La catedral de Ávila y museo catedralicio. Ávila: Gráfica C. Martín.

Huerta Fernández, Santiago. 2004. *Arcos, Bóvedas y cúpulas. Geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica.* Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU.

Merino de Cáceres, José Miguel. 1994. «Metrología y simetría en las catedrales de Castilla y León». *Medievalismo y Neomedievalismo en la arquitectura española: Las catedrales de Castilla y León.* 9–52. Ávila: Fundación Cultural Santa Teresa.

Navascués Palacios, Pedro. 2004. *La catedral en España: Arquitectura y liturgia.* Barcelona: Lunwerg.

Navascués Palacios, Pedro; Gutiérrez Robledo, José Luís. 2004. *Las Edades del Hombre.* Salamanca: Fundación Las Edades del Hombre.

Rabasa Díaz, Enrique. 2000. Forma y construcción en piedra. De la cantería medieval a la esteorotomía del siglo XIX. Madrid: Akal.

Rodríguez Almeida, Emilio; 1975. *Ensayo sobre la evolución arquitectónica de la Catedral de Ávila.* Ávila: Caja Central de Ahorros y Préstamos de Ávila.

Ruiz Ayúcar, Mª Jesús. 1999. «Los obispos y el arte». *Cuadernos Abulenses* 28: 97–126. Ávila: Institución Gran Duque de Alba.

Sojo y Lomba, F de. 1935. *Los maestros canterios de la Trasmiera.* Madrid.

Evolución de las yeserías de los Patios del Yeso y del Sol del Real Alcázar de Sevilla a través de las fuentes escritas, reforzadas por ensayos de caracterización

Fco. Javier Blasco López
Fco. Javier Alejandre Sánchez
Juan Jesús Martín del Río

Los artesanos musulmanes fueron maestros en el uso del yeso como decoración, aplicándolo en los paramentos de mezquitas y palacios, donde en forma de morteros de yeso, constituidos por yeso y cal se usaban tanto al exterior como al interior, permitiéndoles obtener de esta forma diversos tipos de revestimientos y decoraciones, componiendo unidades bien distribuidas en paneles.[1] Las yeserías, se aplicarían como ornamento que tienden a cubrir grandes superficies, para ocultar el adobe o ladrillo, en series ilimitadas de motivos repetitivos, pero con un significado dependiente del monumento al que se aplica (González 1998), «el arte islámico ante la limitación que suponía el prescindir de los motivos figurativos que tienen un significado iconográfico propio, se volcó en la creación de formas, cuya presencia no afectase al significado del monumento. Tales formas son las vegetales, las geométricas y las epigráficas, estas últimas ornamentales también» (Grabar 1984).

Así pues, las yeserías son una manifestación característica del arte musulmán, donde en España, desde la invasión de los Omeyas, pasando por el período Taifa, Almorávide y Almohade, fueron muy utilizadas en decoración muraría, con tipologías de diversos estilos artísticos. Posteriormente, durante los siglos XIII al XV, se distinguen focos de gran interés, tanto en el reino musulmán nazarí de Granada como en la zona cristiana de Aragón, Toledo y Sevilla (Villanueva 1986). La tradición medieval de las yeserías continuaría durante la primera mitad del siglo XVI, con motivos decorativos de otros estilos.

El Alcázar de Sevilla, responde a un modelo oriental de ciudadela palatina, formado por un conjunto de edificaciones de distintos estilos y épocas, que se han ido incorporando y/o restaurando a lo largo del tiempo, con funciones muy diversas, rodeadas por una muralla que la protege, a la vez que la aísla de la ciudad (figura 1), donde se han ido realizando yeserías artísticas de varios de los diversos períodos estilísticos mencionados, que lo hacen único en su género.

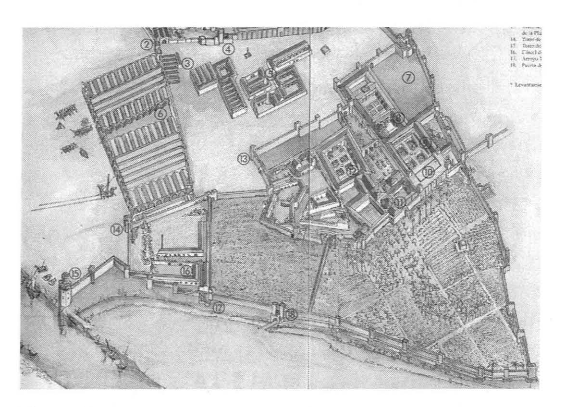


Figura 1
Planta del Alcázar de Sevilla. Interpretación del Alcázar medieval (Fernández, Ravé y Respaldiza 1999; Gabinete Pedagógico de Bellas Artes de Sevilla)

Estas intervenciones, tanto musulmanas como cristianas, antiguas y modernas, tanto en éste como en otros edificios restaurados, han llevado a la coexistencia de piezas originales y repuestas en los mismos paños, creándose un desajuste, a la vez que desatándose una controversia cronológica y estilística entre investigadores, historiadores, arqueólogos y restauradores, en forma de falsas atribuciones y magnitud de las conservaciones o restauraciones, además de la falta de información en algunos casos (Blasco, Alejandre y Tabales 2008).

Consideraciones previas

Analizando las fuentes que tratan sobre la historia del Real Alcázar de Sevilla y de las intervenciones realizadas en él, puede hallarse bastante información sobre la historia de su construcción y de sus reformas.

Se documentan realizaciones como las efectuadas en el Patio del Yeso (almohade), donde se manifiesta por un lado que, fue en la década de los ochenta del siglo XX, cuando se procedió a su definitiva restauración por Rafael Manzano Martos, una vez localizados los restos del Palacio del Yeso por Francisco Tubino en 1.885, consolidándose a comienzos del siglo XX por José Gómez Otero y José Gómez Millán (Hernández y Morales 1999). Por otro, simplemente, que fue edificado en el siglo XII (Marín 1998); o que fue descubierto por Tubino en 1886 y acertadamente reparado en 1915 por el Marqués de la Vega Inclán (González 1998), o también, «fue descubierto y publicado por Tubino en los últimos años del pasado siglo, consolidado y restaurado por el marqués de la Vega-Inclán en los años 1918 al 20, ha sido restaurado y reexplorado por mí en los años 1969 y 1971» (Manzano 1999).

En el mismo orden de documentos escritos y refiriéndonos al Patio del Sol y su cuarto superior del mismo nombre, se indica: que ocupa el frente norte del patio de la Alcobilla[2] y que de las construcciones medievales que integraron este sector del Alcázar, se conserva parte de una arquería mudéjar en el acceso que al mismo se realiza desde el apeadero (Hernández y Morales 1999). No hallándose en estos textos generales ningún dato más referente a este patio, salvo lo aportado por Basilio Pavón Maldonado en su libro *El Arte Hispanomusulmán en su decoración floral* ([1981] 1990), expresado en el apartado referente a resultados y discusión del patio del sol mudéjar de esta comunicación.

En definitiva, el Alcázar sufrió numerosas intervenciones, transformaciones y nuevas realizaciones a lo largo de su existencia, que incluían muchas de las decoraciones islámicas,[3] documentadas e investigadas por diversos autores, que aclaran bastantes de los acontecimientos constructivos sufridos por estas yeserías de tradición islámica en la ciudad palatina, pero no todos,[4] ya que han podido producirse actuaciones que quedan sin documentar, bien por la poca importancia de la intervención, bien porque no se haya considerado necesario (sobre todo antiguamente), o bien por no haberse advertido o documentado, lo que permite que sigan existiendo lagunas en el proceso edificatorio y restaurador del palimpsesto que supone el Alcázar, producido durante el devenir de los siglos, aunque se han producido y se siguen produciendo grandes avances en el conocimiento del complejo palaciego, en base a aportaciones arqueológicas (Tabales 2002; Navarro y Jiménez 2007; Almagro 1999) y a nuevos planteamientos de hipótesis estilísticas (López, Manzano y Navarro 1995; Navarro y Jiménez 2005) .

Estado de la cuestión

El Alcázar: Características e intervenciones sobre los Patios del Yeso y del Sol

Algunas formas del Alcázar sevillano, están emparentadas con varias de la Alhambra, que derivan de las desarrolladas en España y Marruecos durante los siglos XII y XIII (a partir de las almorávides y almohades), recordando a veces, remotos orígenes sirios, iraquíes o iraníes de siglos anteriores. Otras, como las del Alcázar mudéjar participará de los influjos toledanos, al constar intervenciones de artífices de Toledo en alguna de sus partes.[5] Pero también hubo relaciones culturales y políticas entre mudéjares sevillanos y nazaríes granadinos, por lo que se pueden apreciar en este palacio ciertos aspectos mas orientales que en otros edificios mudéjares, importación de los artistas granadinos. Toda esta mezcla ordenada, unida a los restos almohades del palacio del Yeso, hace predecir los encuentros que debieron producirse entre el arte cristiano y musulmán, al menos desde fi-

nales del siglo XII, que permitieron el sincretismo entre dos culturas muy diferentes.

Lo que el Alcázar conserva de época almohade es: una gran parte de sus muros y torres, la puerta del León, la bóveda que existe en la casa número 3 del patio de Banderas, descubierta por Gestoso y la arquería del patio del yeso, que reveló Tubino (Marín 1998).

El Patio del yeso Almohade

Es una de las pocas edificaciones de la arquitectura almohade sevillana y uno de los escasos restos del alcázar musulmán. Tiene forma rectangular y es antecedente directo de los esquemas de la arquitectura granadina (Marín 1998). Su flanco sur, ofrece una galería porticada, organizada en tres módulos; el central, compuesto por un gran arco de lambrequines, cuyas enjutas ocupan una labor de sebka, considerándose su forma compositiva, precedente de esquemas habituales en el arte nazarí e incluso en el mudéjar (Hernández y Morales 1999).

En el patio del Yeso se encuentra un tema nuevo en la arquitectura hispano-musulmana, se trata de la arquería de gran arco central que cobija y enmarca la puerta de la sala principal, con dos módulos laterales de arquerías de menor tamaño que llegan hasta la altura del alfiz, marcado por la elevación del arco central, mediante paños de *sebka*. Esta composición de fachada, sólo tiene dos antecedentes: el de la fachada del palacio de la Buhayra con su arco central de mayor tamaño, y el de las arquerías internas de la *Dar al-Yund de Medina al-Zahra* (Manzano 1999).

El alzado con arquerías de arco central destacado, presidió la arquitectura almohade del siglo XII, con doble o triple arco de la entrada del maylis o salas de honor y otro monumental envolviéndolos correspondiente al arco central del pórtico delantero, pasando este esquema en clave decorativa a las ventanas de los grandes alminares como el de la Giralda de Sevilla. Estas ventanas y los arcos remontados de sebka serán característicos del arte almohade. Las portadas de los mihrabs con arco y friso de ventanas de medio punto encima, se adoptan en las entradas de los maylis de los palacios y casas nobles, como en la portada interior del patio del Yeso, que posteriormente, también quedaría reflejada en el Palacio mudéjar de Pedro I. En cuanto a los arcos, destacar: el arco lobulado con ganchos o rizos intercalados con la palmeta en «S» en el arranque (la palmeta nace en la arquitectura almorávide) y tipos «SS» de arranques de arcos almohades del patio del yeso (Pavón 2004).

En lo referente a las yeserías, disminuyó la riqueza de etapas anteriores.[6] La palmeta digitada con arillos intercalados se hizo más austera, caracterizada por la línea incisa añadida en la curva inferior. La fachada norte del patio del Yeso, con tres arcos de herradura remontados por triple ventana, se atribuye con reservas al siglo XI. En cuanto a la fachada sur, de la que está tomada una de las muestras analizadas, la hipótesis más extendida se atribuye al arte almohade. El modelo de yesería de esta fachada del patio del Yeso, deriva de las fachadas de la Giralda (figura 2), donde se pueden observar arcos de herradura, de lóbulos, de cintas entrelazadas, de lambrequines, y arquerías ciegas sobre columnas califales reutilizadas, con arcos de hojas entrelazadas en paños de *sebka* enmarcados (Pavón 2004). Se fecha en la última década del siglo XII y su autor fue Ali al-Gumari (Manzano 1999).

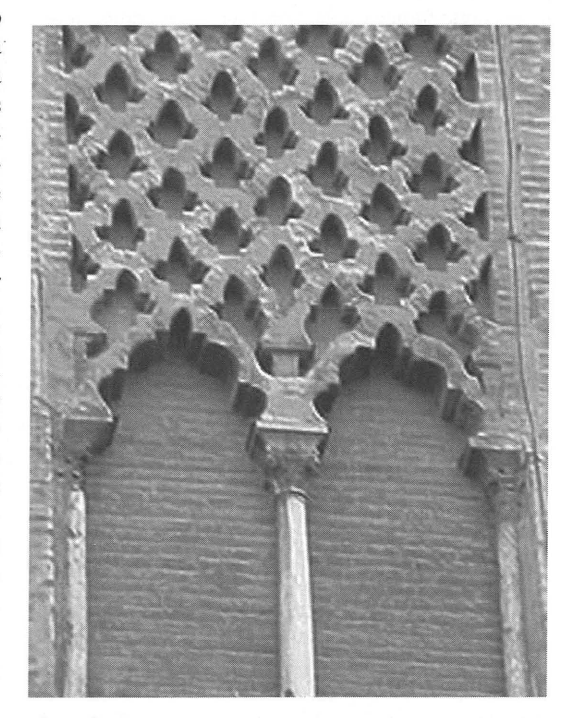


Figura 2
Sebqa de la Giralda de Sevilla. (www.arteguias.com/almohade.htm)

El arco central de lambrequines, descansa en robustos pilares de ladrillo de los que parten las dos anchas calles laterales del alfiz[7] y la sebka menuda y mal trazada de sus enjutas, con dos esquemas yuxtapuestos con palmetas trabadas por sus remates rizados superiores, denota la mano de un yesero poco experimentado. Los arcos de los módulos laterales (apuntados, con lóbulos y rizos intercalados en composición de sebka), se apoyan en columnas califales (Los fustes actuales se colocaron en la restauración del marqués de la Vega-Inclán), salvando vanos triples de arcos de hojas con perfil de palmas almohades, siendo la *sebka* sobria y elemental, toda de yeso calado, por encima de las claves hasta cubrir completamente la caja rectangular del alfiz, resaltada en su cara externa por una simple cinta y duplicándose en los ejes de las columnas; sobresalen las «SS» de los arranques de los arcos con palmetas de dos hojas adheridas.

Descubierto por Tubino a fines del siglo pasado y restaurado por el Marqués de la Vega Inclán y Rafael Manzano, se ubicaba en el extremo suroeste del primer recinto Omeya. Este patio quedaría como un espacio alargado con alberca central y dos galerías enfrentadas como la que se conserva actualmente. El resto de los flancos lo conformarían estancias alargadas con alcobas similares a las reproducidas por Manzano en la nave Sur... También parece claro el proceso de remodelación sufrido por este edificio tras la construcción de la Sala de la Justicia por Alfonso XI a inicios del XIV (Tabales 2002).

Es casi cuadrado, tenía arquerías en dos de sus lados, el norte y el sur, y una alberca en su centro (Caro 1643)...; olvidado luego y casi totalmente oculto (González 1998).

El Patio del sol mudéjar

El mudéjar en su origen y desarrollo es adopción cristiana del arte árabe andaluz al que se le fueron añadiendo improntas del pasado árabe sevillano y nuevas aportaciones cristianas, es decir, un arte ecléctico en permanente evolución, síntesis del arte árabe y cristiano. En el mudéjar sevillano se evidencia un almohadismo tardío, con reflejos abbadíes y califales. El Palacio de Pedro I (1364–1367) y el de los Leones de Muhammad V (1362–1369) prueban la vecindad política y amistad entre los dos soberanos, que quedan reflejadas en los intercambios artísticos observados en las yeserías de ambos palacios.

El Patio del Sol, también llamado del tenis en época moderna, porque un alcaide en tiempos de don Alfonso XIII había mandado pavimentarlo y poner en el centro una red. Abarca el frente norte del patio de la Alcobilla y siempre fue un espacio doméstico y muy abandonado de la propia vivienda del alcaide (Manzano 2003), que ocupaba como vivienda la parte alta del apeadero (hoy salón de exposiciones).

El ala izquierda del apeadero, que daba al patio del tenis y al patio del Alcaide, el patio del Sol antiguo, lo convirtió en vivienda D. Rafael Manzano Martos, organizó aquellos patios y llevó a cabo una exploración arqueológica que permitió encontrar los restos mudéjares del antiguo cuarto del Alcaide que son incluso más antiguos que los del palacio de don Pedro y una arquería del siglo XVIII (Manzano 2003) (figura 3).

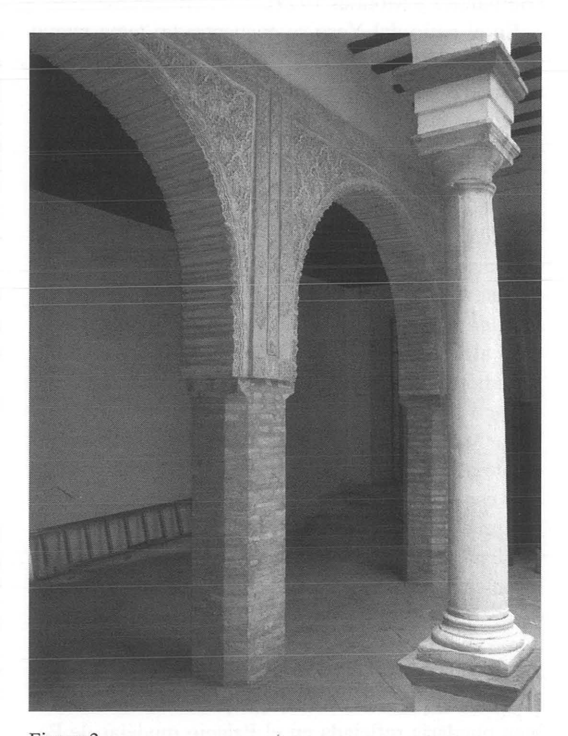


Figura 3
Arquería del antiguo cuarto del Alcaide y columna de la arquería del siglo XVIII

Resultados y discusión

Patio del yeso

Vicente Traver y Tomás, en su libro sobre *El marqués de la Vega-Inclan, Comisario Regio de Turismo y Cultura Artística Popular*, se refiere al patio del yeso de la siguiente forma: «comenzó a descubrir y consolidar todo aquello que Tubino adivinó, y con labor de limpieza, desescombro y consolidación, dirigidas por el Arquitecto D. José Gómez Millán y que ocasionaron poco gasto quedó al descubierto tan interesante patio... se limpió la Sala de justicia y fue encontrada parte de la alberca que decoraba el patio, y en ella tinajas esmaltadas que pudieron ser reconstruidas» (Traver 1965), donde describe que estas actuaciones se realizaron en 1913. Este extremo queda reforzado por el libro *Guía Artística de Sevilla* de Gestoso publicado en 1926, que presenta una fotografía de 1912 de la fachada del Patio del Yeso, descubierta por Tubino a finales del XIX (figura 4).

Por otro lado, Lorenzo Polaino Ortega escribe en el apéndice denominado: Don Juan de Mata examinado, del libro *Juan de Mata Carriazo y Arroquia. Perfiles de un Centenario* (Polaino 2001), lo siguiente: «Estudios muy representativos de mi formación y de mis preferencias son aquellos en los que se combinan y se explican recíprocamente la Historia y la Arqueología. Así, *La Atalaya de Tíscar y el Infante don Enrique, publicada en 1926,...y el Alcázar de Sevilla de la colección El Arte en España de 1930...»*.

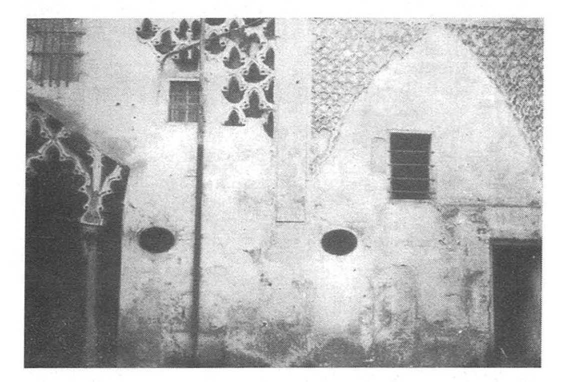


Figura 4
Fachada de la arquería descubierta por Tubino, cuando la estructura estaba cegada como parte del muro de la casa número 2 del apeadero (Gestoso [1926] 2007)

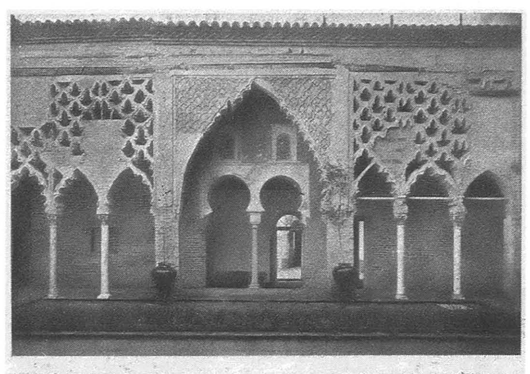


Figura 5
Imagen de la arquería, obtenida del libro El Arte en España: El Alcázar de Sevilla, posiblemente publicado en 1930 (Carriazo 1940?)

Este último libro de Juan de Mata,[8] presenta unas fotografías del patio del Yeso, donde nos muestra un estado del patio y del pórtico meridional, con el arco central y los módulos laterales de arquería con paños de sebka sin restaurar y con rellenos de ladrillos de diversos tipos como labor de consolidación (figura 5), por lo que se puede deducir que los trabajos del Marqués en este patio no llegaron a contemplar la restauración de la arquería y la sebka, limitándose a la reposición de los fustes y capiteles reutilizados que faltaban, como apoyo de los arcos, y a los trabajos de desescombro y consolidación del mismo. Este extremo queda igualmente reforzado, por las fotografías recogidas en la *Guía Artística de Sevilla* de Gestoso, tras la intervención del marqués de la Vega Inclán, fechadas entre 1918 y 1920. Así pues, la restauración de las sebkas, serian realizadas por conservadores de época posterior y más concretamente, por Rafael Manzano entre 1969 y 1971, como él mismo nos indica (Manzano1999) (figura 6).

Además, se ha confirmado la antigüedad de la sebka original hallada por Tubino y la contemporaneidad de la restaurada por Manzano (aparentemente visible tras el criterio de restauración seguido en la misma), al realizar una caracterización de las muestras obtenidas de ambos sectores, junto a otras de catalogación arqueológica, adscritas al período almohade, que han servido para reforzar hipótesis en

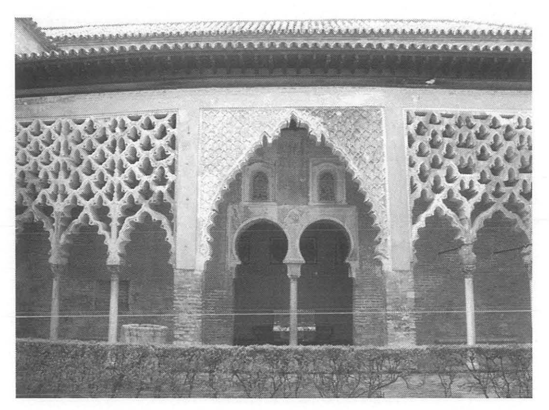


Figura 6
Imagen actual de la arquería, donde se observa aún, el criterio de intervención seguido por Manzano, de diferenciación entre lo antiguo y lo nuevo

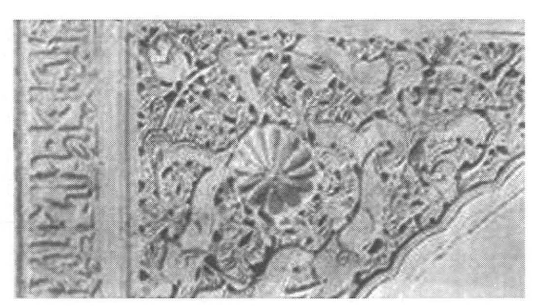


Figura 7
Imagen correspondiente a la figura 388 de la Tabla XX-51, del libro *El Arte Hispanomusulmán en su decoración Floral* (Pavón [1981] 1999)

las que se ha determinado que: Las yeserías de cronología almohade (s. XII-XIII) constituidas por muestras de catalogación arqueológica correspondientes al Patio de la Montería del Alcázar, la proporcionada por el Museo arqueológico de Sevilla hallada en el Patio Limones de la Mezquita-Catedral, y la tomada del Patio del Yeso, presentan una gran analogía en su composición química y mineralógica, aunque la muestra YPY (Patio del Yeso) original, destaca por un mayor contenido aún en impurezas que las demás, deduciéndose también, del análisis químico y mineralógico de la anterior caracterización, que todas las yeserías son pastas de yeso, formadas fundamentalmente por sulfato cálcico rehidratado (dihidrato) con más o menos impurezas, sin adición intencionada de cal o arena, descartándose por tanto que pudiera tratarse de morteros de yeso o morteros bastardos de yeso y cal (Blasco, Alejandre y Tabales 2008).

Patio del Sol

Morales y Hernández nos revelan en su texto sobre el *Real Alcázar de Sevilla* (1999), que de las construcciones medievales que integraron este sector del Patio del Sol del Alcázar, se conserva parte de una arquería mudéjar en el acceso que al mismo se realiza desde el apeadero, pero sin especificar su cronología exacta, y por otro lado Rafael Manzano en el texto de *Los Conservadores Municipales del Real Alcázar* (2003) nos habla de que organizó aquellos patios y llevó a cabo una exploración arqueológica que permitió encontrar los restos mudéjares del antiguo cuarto del Alcaide y del hallazgo de una arquería del siglo XVIII en el Patio del Sol.

Basilio Pavón Maldonado en su libro *El Arte Hispanomusulman en su Decoración Floral* (Pavón [1981] 1990), nos presenta y describe una enjuta con motivo agallonado y flor de loto (TablasVIII-XIII-23, Fig. 207; Tabla XX-51, Fig. 388), como yesería mudéjar del siglo XIII del arco del apeadero, que se corresponde con esta misma enjuta, identificada y fotografiada por los autores de esta comunicación, en ambas caras de la arquería del Patio del Sol (junto al apeadero) (figura 7).

Igualmente, se ha confirmado la contemporaneidad de la restauración llevada a cabo por Manzano en el Patio del Sol (1968–1971), al obtener muestras de la zona de intervención con fibras vegetales en su masa y realizarle la datación mediante el Carbono 14 a las mismas. Los resultados obtenidos para la estopa o fibra natural hallada en la muestra de yeso YPS (Patio del Sol), se muestran en la siguiente tabla (tabla 1).

Se puede observar, que la cronología más probable de estas fibras oscila entre junio de 1968 y junio de 1971, por lo que se puede afirmar que una parte de la yesería restaurada de este Patio, según el criterio de diferenciación entre lo antiguo y lo nuevo (aunque más difícil de distinguir), se corresponde con las fe-

Código Muestra:	FYPS	Código CNA:	CNA300
Tratamiento aplicado:		Limpieza AAA	
Edad Radiocarbono Convencional:		NA	
$\delta^{13}C$:	−9,4 ± 1,1‰	pM:	152,4 ± 1,2 (MODERNO)
Calibración 1σ (68% probabilidad): [Comienzo:Fin] Área relativa		[1964 (May) - 1964 (Jun)] 0,053255 [1964 (Sep) - 1964 (Oct)] 0,058772 [1968 (Aug) - 1968 (Oct)] 0,064119 [1969 (Apr) - 1970 (Sep)] 0,792154 [1971 (Feb) - 1971 (Mar)] 0,031700	
Calibración 2σ (95% probabilidad): [Comienzo: Fin] Área relativa		[1964 (Apr) - 1964 (Oct)] 0,112595 [1968 (Jul) - 1971 (Jun)] 0,887405	

Tabla 1
Cuadro obtenido y facilitado por el Centro Nacional de Aceleradores sito en Isla de la Cartuja de Sevilla, Noviembre de 2008

chas en las que Manzano restauró la sebka del Patio del yeso (pronosticada por Tubino y consolidada por el Marqués de la Vega Inclán), entre los años 1969 y 1971.

Conclusiones

Patio del Yeso

A la vista de la historiografía consultada, se podría afirmar en primer lugar, que en el Patio del Yeso, descubierto por Tubino, se realizaron actuaciones en 1913 dirigidas por el arquitecto José Gómez Millán, consistentes en el desescombro y consolidación de la zona Patio del Yeso y Sala de la Justicia. Que entre 1918 y 1920, se realizaron obras en el Patio del Yeso, bajo la tutela del Marqués de la Vega Inclán, consistentes en la reposición de fustes y capiteles reutilizados que faltaban y a la consolidación de la arquería de sebka que aún se mantenía, correspondiendo al arquitecto Rafael Manzano entre 1969 y 1971 la complementación de la que faltaba, realizada según el criterio de diferenciación entre lo antiguo y lo nuevo, que aún hoy puede apreciarse.

Patio del Sol

En referencia al Patio del Sol, una vez realizada en el mismo la exploración arqueológica por Rafael Manzano, que permitió hallar los restos mudéjares del antiguo cuarto del Alcaide, al igual que realizara el marqués de la Vega Inclán en el Patio del Yeso, se recuperaron los paños de yesería originales que aún permanecían en los paramentos primitivos, quizá ocultos por otros revestimientos, y a la restauración de los que faltaban. Más concretamente los paños de yesería originales podrían coincidir con los que nos describe Basilio Pavón Maldonado en *El Arte Hispanomusulmán en su Decoración Floral* como mudéjar del siglo XIII (figura 7), observándose igualmente la restauración llevada a cabo por Rafael Manzano, siguiendo el criterio de diferenciación entre lo antiguo y lo nuevo, aunque menos claramente distinguible que en el Patio del Yeso (Figura 8). Esta hipótesis queda reforzada por los resultados obtenidos tras la datación del C-14 realizado a las fibras vegetales contenidas en la propia pasta de la muestra extraída de este patio, confirmándose, al tratarse de una de las nuevas yeserías repuestas por Manzano, la contemporaneidad de las mismas. Así mismo, actualmente, se están realizando los análisis a las muestras obtenidas de la enjuta descrita por Pavón, al objeto de determinar la originalidad y antigüedad de la misma.

Notas

1. Muchos autores se refieren al uso de los yesos históricos con la denominación de morteros de yeso y cal.

Para el caso del Alcázar, se ha demostrado recientemente, que la mayoría de los yesos almohades y mudéjares aplicados en diversos patios y salas del conjunto son pastas de yeso, compuestas por yeso, agua y aditivo, con algunas impurezas propias de la materia prima (Blasco, Alejandre y Tabales2008).

2. Levantado a comienzos del s. XX, debe su fisonomía actual a una profunda remodelación desarrollada en la década de los setenta (Hernández y Morales 1998).
3. Debido a la poca durabilidad del material de yeso aplicado en exteriores, sin una debida protección (Blasco y Alejandre 2009).
4. Como por ejemplo, las obras llevadas a cabo por Rafael Manzano para la vivienda junto al apeadero y al patio del Sol, de las cuales no se ha hallado documentación gráfica o escrita alguna en los textos analizados, salvo a las que él mismo hace referencia en el texto *Los Conservadores del Real Alcázar de Sevilla* (Manzano 2003).
5. La fachada y atrio del Monasterio de Santa Clara en Tordesillas, mandada a construir por Alfonso XI es buena prueba de ello.
6. Taifa y almorávide, aunque excepcionalmente quebrantada en el arco de la puerta del Perdón de la Mezquita mayor de Sevilla.
7. Procedente de modelos norteafricanos clásicos con arranque serpentiforme «S», seguido de lóbulos poco acentuados con ganchos o rizos intercalados, recordando arcos mixtilíneos de la mezquita de Tinmall (Pavón 2004).
8. Esta bibliografía utilizada (El Arte en España: Alcázar de Sevilla), corresponde a un texto de la biblioteca de la Universidad de Sevilla, en el que hace referencia a una fecha de publicación en Barcelona de 1940 con interrogación. A la vista de estas nuevas fuentes, cabría pensar en un momento de publicación anterior y más cercana a 1930.

Lista de referencias

Almagro Gorbea, Antonio. 1999. «El Patio del crucero de los Reales Alcázares de Sevilla». *Al-qantara:* Revista de estudios árabes*:* 331–376.

Blasco López, Fco. Javier. 2008. *Yeserías Islámicas locales: El Caso del Alcázar de Sevilla.* Trabajo fin de Master en Arquitectura y Patrimonio Histórico. Universidad de Sevilla —Instituto Andaluz del patrimonio Histórico. Tutores: Fco. Javier Alejandre Sánchez y Miguel Angel Tabales Rodríguez.

Caro, Rodrigo. 1643. *Antigüedades y principado de la Ilustrísima ciudad de Sevilla y corografía de su convento jurídico o antigua Chancillería.*

Carriazo Arroquia, Juan de M. 1940?. *El Arte en España: El Alcázar de Sevilla*. Barcelona: J. Thomas.

Fernández Caro, José Juan, Ravé Prieto, Juan Luis y Respaldiza Lama, Pedro J. 1999. Gabinete pedagógico de Bellas Artes de Sevilla, *Real Alcázar de Sevilla*. Sevilla: Junta de Andalucía, Consejería de Educación y Ciencia y Consejería de Cultura, y Fundación El Monte.

Gestoso y Pérez, José. [1926] 2007. *Guía artística de Sevilla: Historia y descripción de sus principales monumentos Religiosos y Civiles*. Sevilla: Extramuros Edición, S.L.

González Ramírez, M ª Isabel. 1998. *El Trazado Geométrico en la ornamentación Mudéjar del Alcázar de Sevilla*, Tesis Doctoral, Director D. Alberto Donaire Rodríguez, Sevilla

Grabar, Oleg. 1984. (traducción de Pilar Salsó). *La Formación del Arte Islámico*. Madrid: Cátedra.

Hernández Núñez, Juan Carlos y Morales, Alfredo J. 1999. *El Real Alcázar de Sevilla.* Londres: Scala Publishers Ltd., (1ª ed.). Imp. En España por Fournier A. Gráficas, S.A.

López Guzmán, Rafael, Manzano Martos, Rafael y Navarro Palazon, Julio. 1995. *Casas y Palacios de al-Andalus. Siglos XII y XIII.* Barcelona: Lunwerg/el Legado Andalusí. 366.

Lleó Cañal, Vicente. (Fotografías Martín García). 2002. *El Real Alcázar de Sevilla*, Sevilla: Patronato del real Alcázar, Lunwerg, D.L.

Manzano Martos, Rafael. 1999. «La Arquitectura Almohade en Sevilla». En *Sevilla Almohade*. Sevilla-Rabat: Fundación de las tres Culturas del Mediterráneo, Coordinadora Magdalena Valor Piechota, Universidad de Sevilla, Junta de Andalucía y Ayuntamiento de Sevilla.

Manzano Martos, Rafael. 2003. En *Los Conservadores Municipales del Real Alcázar*. Sevilla: Patronato del Real Alcázar de Sevilla.

Marín Fidalgo, Ana. 1998. *El Real Alcázar de Sevilla*, Imp. Estudios Gráficos y Publicado por Aldeasa.

Navarro Palazón, Julio y Jiménez Castillo, Pedro. 2005. «La Yesería en época Almohade». *Estudios Árabes e Islámicos:* Monografías. 11, Patrice Cressier, Maribel Fierro y Luís Molina editores. Madrid: CSIC.

Navarro Palazón, Julio y Jiménez Castillo, Pedro. 2007. *Siyasa: estudio arqueológico del despoblado andalusí (ss. XI-XIII)*. Murcia, Francisco Chacón Jiménez, 1995–2005 y Granada, Fundación El Legado Andalusí.

Pavón Maldonado, Basilio. [1981] 1990. *El Arte Hispanomusulmán en su Decoración Floral*, Madrid: M.A.E., Agencia Española de Cooperación Internacional y Dirección General de Bellas Artes y Archivos del Ministerio de Cultura. 2ª edición aumentada (1ª edición, Madrid, 1981).

Pavón Maldonado, Basilio. 2004. *Tratado de Arquitectura Hispanomusulmana*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Polaino Ortega, Lorenzo. 2001. *Juan de Mata Carriazo y Arroquia, Perfiles de un Centenario (1899–1999)*. Ut. Sevilla: Juan Luís Carriazo Rubio (ed.), Apéndice «Don Juan de Mata examinado», Universidad de Sevilla Secretariado de Publicaciones, Imp. Grafitrés, S.L. (p.p. 165).

Tabales Rodríguez, Miguel Ángel. 2002. *El Alcázar de Sevilla: Primeros estudios sobre estratigrafía y evolución constructiva*, Sevilla: Edita: Junta de Andalucía. Consejería de Cultura y Patronato del Real Alcázar.

Traver y Tomás, Vicente. 1965. *El Marqués de la Vega-Inclan, Comisario regio de Turismo y Cultura Artística Popular*. Castellón: Fundaciones Vega-Inclan, Talleres Gráficos Hijos de F. Armengol.

Las claves de la construcción del puente de Serranos de Valencia

Luis Bosch Roig
Valeria Marcenaç
Nuria Salvador Lujan
Ignacio Bosch Reig

El puente de Serranos era llamado en las crónicas árabes *Bab al-Qantara* (el puente), por ser el único que existía en el cauce. En la riada de 1088, según Ibn al-Qardabus, el puente fue destruido, aunque debió de repararse convenientemente en décadas sucesivas pues en el *Llibre del Repartiment* de 1244 se hace referencia a su amplitud y solidez.

Se menciona un «puente de piedra» en las crónicas de 1248, 1254 y 1262, que no debía serlo totalmente ni era el único puente sobre el Turia, pues hay referencias anteriores a 1248, de otro puente llamado «del Real» o «del Temple», que debía ser una palanca-pasarela de madera. El de Serranos, con las avenidas, debió sufrir daños que fueron minando su solidez, ya que en 1349 el Consejo de la Ciudad fijó una cantidad destinada a construir un puente *todo de piedra*, lo que hace pensar que el anterior lo sería parcialmente.

El nuevo puente cristiano de Serranos se considera el primer puente construido en piedra de la ciudad de Valencia, y fue dañado en las riadas de 1358 y 1406, llegando la de 1427 a destruir 4 bóvedas, dos según Teixidor (Teixidor 1895). Aunque en 1475 no fue arrasado como las palancas de San José y del Mar, no pudo resistir la avenida de 1517 que lo destruyó por completo. El 22 de junio de 1518 la *Junta Vella de Murs y Valls* acordó construir un puente nuevo. El nuevo puente de piedra ya no tuvo problemas, resistiendo todas las avenidas y riadas, aún las más catastróficas como las de 1590, 1883, 1897, 1949 y sobre todo la de 1957.

La tipología de tajamares-arrimaderos

Los puentes medievales, que sin lugar a duda fueron deudores de sus precedentes romanos, se construyeron con menos pretensiones, los tableros se hicieron más estrechos, con luces de vanos menores, y ancho de pilas mayores, pero mantuvieron la imagen de solidez propia de los puentes de fábrica pétrea.

Estos puentes medievales, introdujeron tres novedades: simbolismo religioso a través de las capillas o casilicios; planteamiento defensivo con baluartes en el acceso, que supusieron auténticas fortalezas, como el puente de Belasú, del Siglo XII; y funcionalidad peatonal con la aparición de los arrimaderos-apartaderos, para seguridad y descanso del caminante.

Estos espacios se conseguían mediante un mecanismo ingenioso, cual es el de elevar los tajamares, a modo de contrafuertes, hasta la altura del tablero, donde se unía a éste habilitando los indicados espacios de desahogo. Esta actuación, permitía de hecho, ensanchar la capacidad del tablero, resultando mucho más económica que las soluciones precedentes romanas, donde el tablero se planteaba de ancho constante y de gran dimensión.

Los arrimaderos, además de servir de reposo y protección, creaban espacios secuenciados que rompían la linealidad del puente, haciéndolo más urbano, y estableciendo una vibración ambiental de gran interés[1].

Esta tipología, denominada por nosotros «secuencial», se utilizó de forma generalizada en el Reino de

Valencia, como queda patente en el amplio número de ejemplos que la utilizan, como: el Puente de San Gregori en Alcira sobre el Xúquer del XIV o XV; el Puente de Sot de Ferrer sobre el Palancia en Jérica del XVI; el Pont vell d'Ontinyent sobre el Clariano del XVII; el Pont del Camí del pou del moro sobre el Gorgos del XVII-XVIII; o el Puente de Santa Teresa en Elche sobre el Vinalopó del XVIII. (Sanchis 1993).

Construcción original del puente de Serranos de Valencia en 1518

Los puentes sobre el Turia, en Valencia, se hacen eco de estas características, y configurándose como puentes urbanos extramuros, recogieron la religiosidad a través de los casilicios[2], y sobre todo la valoración peatonal, mediante los arrimaderos-apartaderos, en el puente de Serranos, como se puede reconocer en el detalle de la «Vista general de Valencia de 1563, realizada por Anthoine Van den Wijngaerde (figura 1).

El puente de Serranos, se construye en 1518, de la mano del «pedrapiquer» Juan Bautista Corbera (Pingarrón, F. 1998, 45).

El trazado urbano

La traza del puente se establece siguiendo el eje de la Calle y Torres de Serranos, construyendo a ambos lados, en su encuentro con la ciudad amurallada, sendos muros estribos, que debieron ser importantes para la definición de un ensanchamiento-plaza delante de la puerta principal a la ciudad desde el norte.

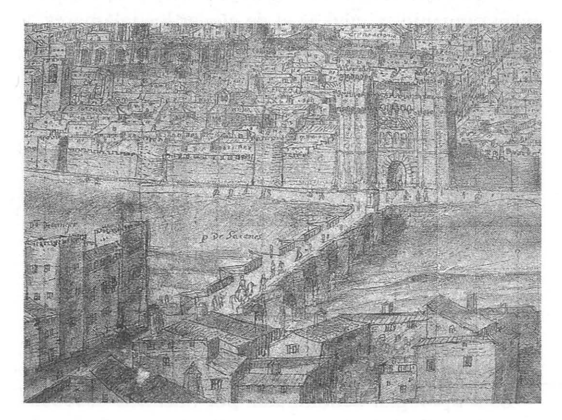


Figura 1

Hay que tener en cuenta, que en 1518, no existe un cauce delimitado por muros pretiles, construidos a partir de 1591, por lo que los márgenes se conformarían con taludes naturales, con vegetación de matorral, como se aprecia en el dibujo de Wijngaerde.

Por ello, la primera cuestión es que la traza del puente, no se dispone intencionadamente de forma oblicua sobre el río, sino como prolongación del eje de las Torres y Calle de Serranos, asumiendo su papel de elemento urbano, en la definición del espacio público de la ciudad.

Hallazgos documentales que avalan la afirmación de su construcción original con arrimaderos

La segunda cuestión, es que la traza con la que se construye el puente de Serranos, es la secuencial de tajamares-arrimaderos, organizada en nueve vanos de 11 m de ancho exterior, realizados con arcos escarzanos de 18,50m de luz, y dovelas de 1,20m, apoyados sobre ocho pilas exentas de 3,50m de anchura, con tajamares triangulares a ambos lados, que se elevan hasta el tablero, donde organizan los espacios de arrimaderos.

Escalera de bajada al río: Cabe afirmar que los arrimaderos se plantean en 15 de los 16 tajamares, ya que en el tajamar AB de la pila 7ª, existió desde su inicio, una escalera cuyos muros son prolongación de la pila, no existiendo indicio alguno de diferencias constructivas, antes al contrario, el material pétreo utilizado, el despiece y aparejo de la fábrica, y las marcas de cantería, son las mismas (figura 2).

Igualmente, en un detenido análisis del dibujo de Wijngaerde, cabe reconocer en el tajamar de la pila 7ª, AB, la existencia de dos personajes en actitud ascendente o descendente, como situados a mitad de la escalera (figura 1).

Lo bien cierto es que esta escalera debió de perder su interés, a principios del siglo XVII, cuando al construir los muros-pretiles del río, se realizó la bajada de carruajes.

Esto justificaría que dicha escalera se convirtiera en un «muñón», y que no fuera dibujada en los planos de la ciudad, como el Mançelli (1609), el Tosca (1704), o el Tosca-Fortea (1738).

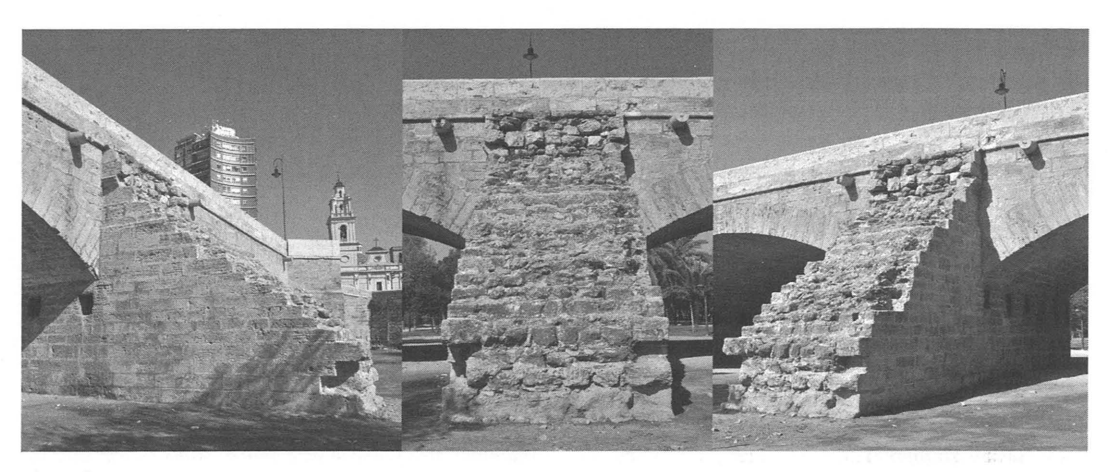


Figura 2

La construcción de los arrimaderos: Además del documento gráfico antes señalado de la vista de Wijngaerde de 1563, Tomas Vicente Tosca, en 1704, también recoge los arrimaderos en el puente de Serranos, aunque con un error de dibujo, ya que los expresa con planta semicircular, en lugar de triangular (figura 3).

Documento de desmontaje de los arrimaderos de 1808: Pero el documento definitivo que demuestra la existencia en origen de los arrimaderos, ha sido reconocido por los arqueólogos Guillermo Pascual Berlanga y Enrique Ruiz Val, y se trata de la relación de gastos presentada a la Iltre. Fábrica Nueva del Río, con fecha 30 de junio de 1808, por las obras realizadas entre el 2 de marzo y el 23 de junio de ese año, por «deshacer trece lunetas o rellanos con sus asientos que había a los lados del puente de Serranos y principiar a cerrar los portillos con baranda recta con planos inclinados a la parte del río sobre los postes del puente donde estaban los asientos».[3]

La interpretación mas lógica, es que a principios del año 1808, se toma la decisión de sustituir el pretil-baranda de los arrimaderos por una protección recta, seguramente con el objetivo de, en caso de ataque a la ciudad, que los citados arrimaderos, rellanos o lunetos, no sirvieran de parapeto a las tropas napoleónicas.

Decisión muy adecuada, ya que cinco días después de acabada la sustitución de los arrimaderos, el 28 de Junio de 1808, se produjo el primer embate, por las

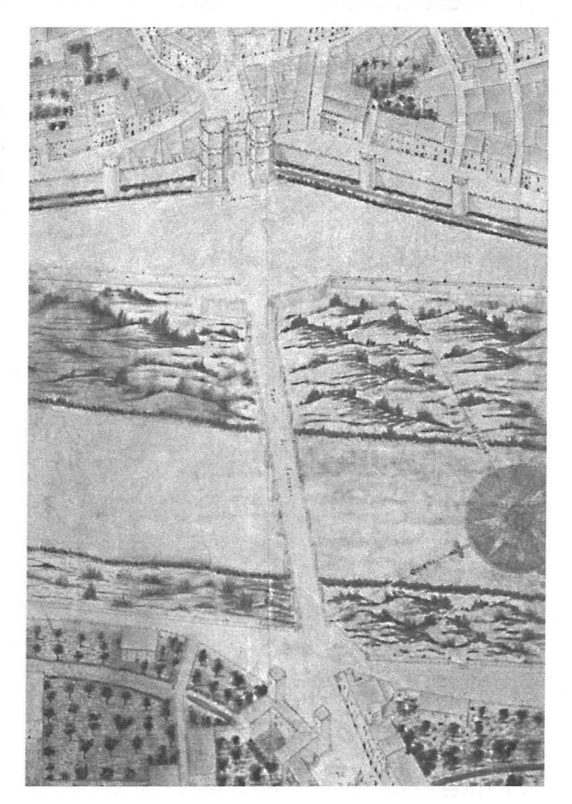


Figura 3

tropas francesas, a las órdenes del mariscal Moncey, que atacó desde el arrabal de Quart, siendo rechazado por tres veces. (Arcón 1999: 408–409; Hernando, 2004: 91).

Análisis del documento de 1808

En una lectura detenida del citado documento, cabe señalar varias cuestiones de importancia:

- Que se desmontan 13 lunetas o rellanos, con sus asientos.
- Que dichos lunetos o rellanos estaban en los lados del puente.
- Que el nuevo cierre-baranda se debe situar en línea recta.
- Que los tajamares (postes), deben acabarse con planos inclinados hacia el río, para evitar que duerma el agua de lluvia.[4]
- Queda claro que son trece los arrimaderos (lunetas, rellanos, portillos, ...), existentes en 1808, pues en los dos de la primera pila existían casilicios, y en la pila 7ª AB, existía la escalera de bajada al cauce.
- Igualmente en los arrimaderos, existían asientos, posiblemente en el vértice del triángulo, ya que en la obra, al desmontar los copetes, se observó en el perímetro y el vértice del triángulo, huellas de asentamiento de sillares anteriores, mientras que en el centro del triángulo, se observaron huellas de desgaste (figura 4).

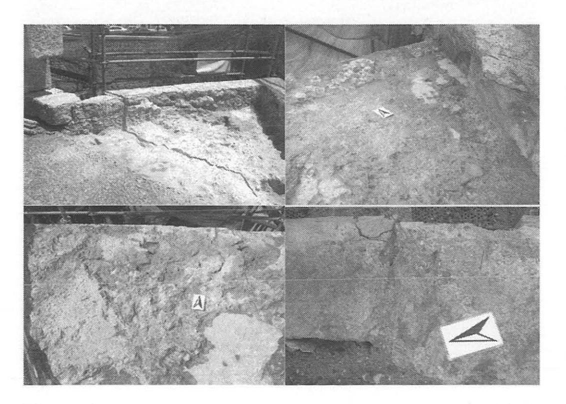


Figura 4

Hallazgos en la obra que avalan la construcción original del puente, con arrimaderos

El seguimiento arqueológico realizado durante el desmontaje de los copetes triangulares que cubrían los trece tajamares del puente de Serranos, y el desmontaje del tramo del pretil-baranda que enfrentaba a cada tajamar, ha permitido constatar la existencia de dos fábricas diferenciadas, correspondientes a dos momentos cronológicos distintos.

La primera fábrica, se corresponde con los sillares del pretil-baranda de todo el puente, excepto el primer vano, y con los copetes triangulares, realizados ambos con piedra caliza de Godella, con tonalidad mas blanquecina, y estructura porosa mas densa que los sillares del resto del puente, que son de la cantera de Rocafort. Esta roca también caliza, es de tipo travertínico, siendo su tonalidad mas amable, en tono ocre.

El mortero de agarre de los sillares y copetes, está datado en el siglo XIX, ya que tiene incluida en su masa, restos de cerámica del citado siglo.

Por tanto, queda claro que el actual pretil-baranda del puente de Serranos, y la terminación piramidal de los tajamares, no son los originales, sino que se deben a su sustitución en 1808, como antes hemos visto.

La segunda fábrica, se corresponde con la superficie horizontal existente en la coronación de los tajamares, justo debajo de la terminación piramidal antes comentada, y del mortero del XIX.

Esta superficie, está formada por sillares, sillarejos y bloques trabados con un mortero de cal y gravas que conforman la parte superior de los tajamares y cuya cronología corresponde al siglo XVI. En algunas zonas se aprecia la presencia de desgaste, sobre todo los sillares que delimitaban la calzada del puente, y que se encontraban bajo el pretil desmontado (figura 4).

Pavimento original de la calzada del puente de Serranos: De hecho, en varias de las pilas, estos sillares situados bajo el pretil desmontado, presentan el canto superior que recae a la calzada ligeramente redondeado, e incluso aparecen restos de un revestimiento de mortero de cal, que según el Informe Arqueológico, marcaría el inicio del suelo original del puente (figura 4).

Así, cave deducir, que este pavimento original de la calzada y de los arrimaderos, debió ser de mortero de cal y gravas, que con el paso del tiempo y el consiguiente desgaste por el tránsito, necesitaba su reparación periódicamente, con gravas del cauce, tierra, ...[5]

Primera recapitulación

Tras el análisis documental y su verificación en la propia obra, cabe deducir sin ningún género de dudas, las siguientes afirmaciones:

- Que el puente de Serranos, se construye en origen en 1518, con quince arrimaderos y una escalera de bajada al cauce del río en la pila 7ª AB, utilizando fábrica de sillares de piedra tosca de Rocafort.
- Que dichos arrimaderos, disponían de asientos, posiblemente en el vértice del tajamar.
- Que en 1808 se desmontan los arrimaderos y se monta el pretil-baranda, en línea recta, cegando los tajamares con terminación piramidal, con pendiente hacia el río.
- Que la nueva baranda y la coronación de los tajamares, salvo algunas reutilizaciones, se realizan con fábrica de sillares de piedra caliza de Godella.
- Que el pavimento original del puente, que abarcaba tanto la calzada como los arrimaderos, estaba formado por una capa de mortero de cal y gravas.

Evolución histórico-constructiva del puente de Serranos, 1518–2010

Una vez clarificado el alcance de la construcción original del puente de Serranos, en 1518, cave preguntarse por su evolución a lo largo de la historia, desde su inicio hasta nuestros días, habiéndose reconocido al menos, las siguientes 12 fases relevantes: (figuras 5–6–7–8).

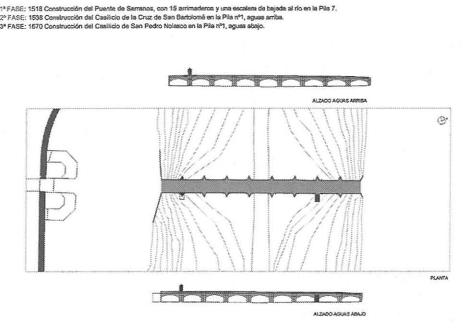


Figura 5

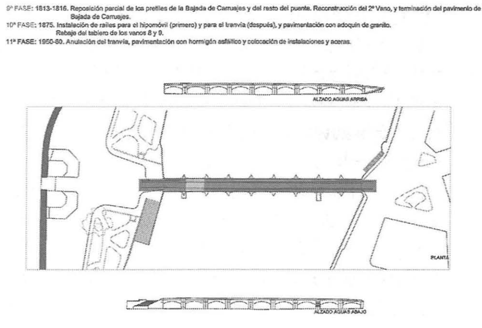


Figura 7

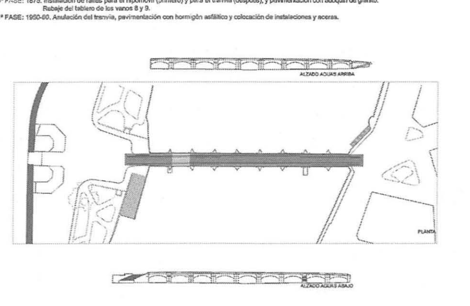


Figura 6





Figura 8

1ª FASE: 1518. Construcción del Puente, con 15 arrimaderos y una escalera en la pila 7ª AB.

2ª FASE: 1538. Construcción del Casilicio «La Cruz de San Bartolomé», en la pila 1ª AR.

3ª FASE: 1670. Construcción del Casilicio de «San Pedro Nolasco», en la pila 1ª AB.

4ª FASE: 1609–1704. Construcción de la primera parte de la Bajada de Carruajes.

5ª FASE: 1704–1738. Construcción de la segunda parte de la Bajada de Carruajes.

6ª FASE: 1808. Desmontaje de los arrimaderos, con montaje del nuevo pretil en línea recta.

7ª FASE: 1810. Excavación de una galería interna, en la pila 4ª.

8ª FASE: 1811. Desmontaje del segundo vano del puente. Desmontaje de los casilicios.

9ª FASE: 1813–16. Reparación de pretiles, montaje del vano 2º, terminación suelo Bajada Carruajes.

10ª FASE: 1875. Instalación de los raíles y pavimentación del tablero.

11ª FASE: 1950–60. Anulación del tranvía, nueva pavimentación, colocación de instalaciones

12ª FASE: 2005–09. Restauración del puente, recuperación de los arrimaderos, y prolongación de la bajada de carruajes.

13ª FASE: 2009–11. Peatonalización del puente de Serranos.

Pasemos a continuación a analizar con detenimiento las indicadas doce fases.

FASE 2ª: 1538. Construcción del Casilicio «La Cruz de San Bartolomé», en la pila 1ª AR

La sociedad de la Edad Media, se caracterizó por un profundo sentido religioso. Se buscaba la protección e intercesión de los Santos frente a las calamidades.

Esta proyección pública de la religiosidad se reflejaba en la ciudad con la profusión de capillas, paneles cerámicos o casilicios, de forma que los casilicios, no fueron meros elementos ornamentales, sino expresión de unas formas de vivir y de pensar.

Durante el siglo XVI se sitúan las primeras noticias sobre la construcción de los casilicios o edículos, en los puentes y pretiles del río Turia

Las esculturas de advocación, se cobijaban bajo una estructura porticada, considerándose todo como un conjunto, que comúnmente se conoce con el nombre de *casilicio* o *casilici*[6] (Llorente, T. 1980, 452).

En el puente de Serrano se encontraba el conjunto escultórico más antiguo del que se tenga conocimiento. Concretamente entre 1538 y 1539 se levantó el primer casilicio. Diversos autores han destacado que se trataba de un edículo de planta triangular, situado en el lado que mira río arriba, entre el tercer y cuarto arco del puente (Pingarrón, F. 1998, 45); (Gil, R. y Palacios, C. 2000, p.45).

Sin embargo, tanto el dibujo de Wijngaerde (1563), como el del Padre Tosca (1704), como la propia realidad, nos demuestran que el casilicio se tuvo que construir en el tajamar AR, de la 1ª pila. Incluso, si nos acercamos al detalle del dibujo de Wijngaerde, cave reconocer que el edículo se sitúa dentro del citado tajamar, pero adelantado hacia la calzada, como si nos quisiera remarcar su importancia (figura 1).

Este casilicio se construyó para albergar la Cruz Patriarcal de San Bartolomé (Aldana, S. 2005, 157), ornamentada con un ángel adorándola y completando el grupo con la presencia de tres infantes. La cruz estaba labrada en piedra de Barcheta. Fue obra del autor del puente, el «pedrapiquer» Juan Bautista Corbera y del maestro imaginero Juan Gilart (Pingarrón, F. 1998, 45).

FASE 3ª: 1670. Construcción del Casilicio de «San Pedro Nolasco», en la pila 1ª AB

Enfrente del anterior casilicio, en 1670 se construyó otro dedicado a San Pedro Nolasco, santo vinculado con la ciudad Valencia por acompañar a Jaime I en la conquista de la ciudad y fundador de la orden de la Merced, dedicada en sus orígenes a redimir los prisioneros cautivos por los musulmanes.[7] (Orellana, M. A. 1985)

La fecha concreta de su construcción, 13 de octubre de 1670, viene indicada en el dietario manuscrito de Onofre Esquerdo, conservado en el Archivo del Real Convento de Predicadores de Valencia[8] (Esquerdo, O. 1699 ca, ARCPV, ms 13, fol. 16 r).

Según el citado manuscrito, el fraile mercenario José Sanchiz, sufragó el coste de 380 libras a las que ascendió el proyecto, interviniendo como arquitecto, junto con el cantero Pere Leonart Esteve, en la realización de la obra.

Al parecer, la obra no se ciñó a montar un casilicio encima del tajamar, sino que debido a proble-

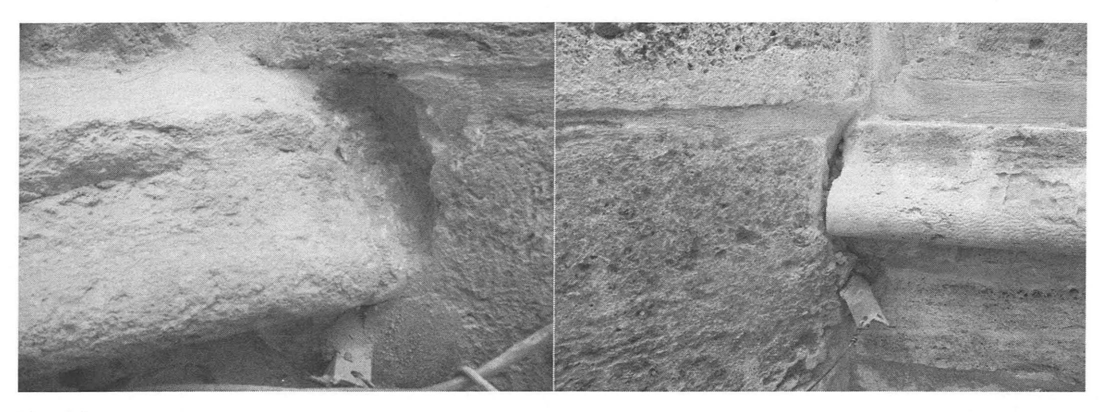


Figura 9

mas estructurales, se rehizo la totalidad del tajamar, de abajo a arriba, para soportar el peso del casilicio, tal y como se trasluce del testimonio coetáneo de Diego Martínez Ponce de Urrana,[9] artífice de la Capilla de la Virgen de los Desamparados de Valencia.[10]

Ciertamente, el tajamar de la pila 1ª, AB, es diferente al resto de tajamares. Tiene mayor altura, anchura y distinta morfología, en concreto la cornisa decorativa de media caña situada a la altura del trasdós del arranque de los arcos del vano, es de mayor tamaño que la del resto de pilas, y la moldura corrida de coronación de la fábrica del puente que se encuentra en todas las pilas no existe en ésta. Mas aún, una aproximación en detalle al encuentro de la citada moldura con la pila, nos muestra su independencia respecto del tajamar (figura 9).

Igualmente, su construcción se realizó con sillares rectangulares ligeramente más grandes. Su inicio, arranca sobre una base rectangular de cuatro hiladas que bien podría tratarse del arranque de una inicial escalera. Asimismo, las marcas de cantería de los sillares que componen este tajamar son diferentes a las del resto del puente.

En 1753 el casilicio se resintió gravemente en su solidez, necesitándose reparar en actuaciones realizadas por Bautista Pons el cuatro de agosto de 1753 por 300 libras, que arregló los desperfectos detectados y modificó la cubierta del templete sustituyendo las imágenes por pirámides y reponiendo las tejas vidriadas.

La última referencia que se tiene sobre los casilicios del puente de Serranos, nos la plantea Orellana, cuando indica que en 1799 la imagen de la virgen de la Merced estaba rodeada por los mercedarios san Pedro Pascual y el beato Juan Gilabert Jofré, y Teresa Gil de Vidaurre (Orellana, M. A., 1985, 544–545).

FASE 4ª: 1609–1704. Construcción de la primera fase de la Bajada de Carruajes

Para reconocer el momento de la construcción de la bajada de carruajes, cave recordar que los muros pretiles de encauzamiento del río Turia, se construyen en 1591, según acuerdo de la Fabrica Nueva del Río de Murs y Valls.

Por ello, parece lógico que el inicio de la Bajada de Carruajes, se produjera acorde con la ejecución de las obras de encauzamiento del río, ya que en realidad, la citada bajada, utiliza para su existencia, dos muros paralelos situados aguas abajo, el primero y el mas antiguo, es el muro estribo del propio puente, y el segundo, el muro-pretil del encauzamiento.

Esta cuestión, se aprecia con claridad en el detalle del plano del Padre Tosca de 1704, donde la bajada ya está construida (figura 3).

En realidad no sabemos la fecha de construcción de ese segundo muro, y por tanto la fecha de puesta en funcionamiento de la bajada de carruajes, pero si sabemos que en el plano de Mançelli de 1609, no

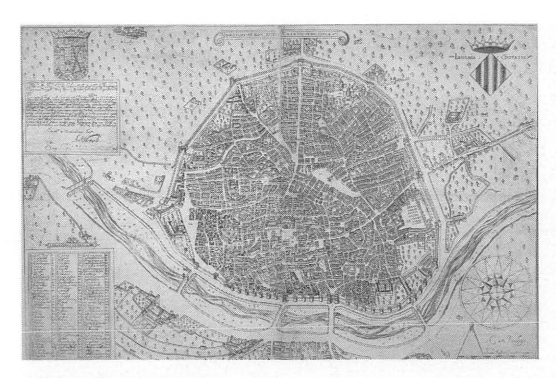


Figura 10

está dibujada la bajada, aunque si aparece el río perfectamente encauzado (figura 10).

Por todo ello, la hipótesis manejada es la de que su construcción se plantea entre 1609 y 1704.

FASE 5ª: 1704–1738. Construcción de la segunda fase de la Bajada de Carruajes

Precisamente, en el plano del padre Tosca actualizado por Fortea en 1738, la bajada de carruajes aparece ya con toda su dimensión (figura 11).

Así, parece claro que entre 1704 y 1738, se continúa el muro estribo original, hasta conformar la longitud necesaria para llegar al terraplén del cauce del río, con la pendiente del 13,5%.

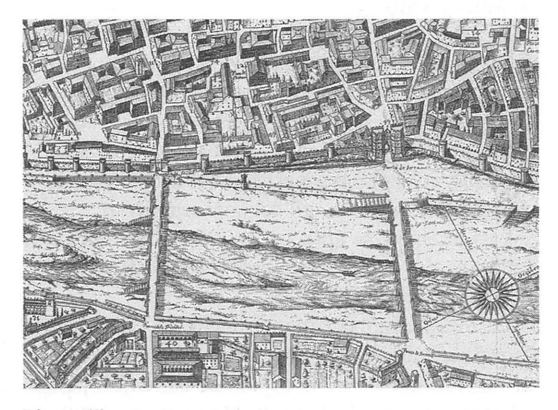


Figura 11

Esta prolongación, se sigue observando en la actualidad, ya que en la unión entre ambos muros, no existió traba alguna, sino la intención de mantenerlos separados.

Por último, en el plano de 1738, se nos muestra la bajada, con la secuencia transversal de las líneas del pavimento de piedra que se conserva en la actualidad. Por lo que es ese el momento de construcción de los «escalones», a modo de parapetos, para evitar que los carros pudieran deslizarse y caer al río.

De hecho, la distancia existente entre líneas pétreas salientes, se corresponde con la dimensión adecuada para que la rueda quede encajada entre ambas.

FASE 6ª: 1808. Desmontaje de los trece arrimaderos existentes, con montaje del nuevo pretil en línea recta

Esta fase, con el desmontaje de los arrimaderos, y la construcción en línea recta del nuevo pretil-baranda del puente, ha quedado claramente documentada en el apartado *4.2.1. —Documento de desmontaje de los arrimaderos de 1808.*

FASE 7ª: 1810. Excavación de una galería interna, en la pila 4ª

Al desmontar los cierres de los seis mechinales, situados en la 8ª hilada, de la pila 4ª, se descubrió en su interior, un espacio excavado, a modo de galería, de traza lineal de 474 cm de largo, 79 cm de ancho y 88 cm de alto, en el extremo oriental, y 68 cm de ancho y 77 cm de alto en el occidental.

Su acceso, desde el muro sur, se produce con un hueco de 94 cm de ancho por 84 cm de alto, que se practicó entre los mechinales centrales, en la 7ª hilada, cegado con tres hiladas de sillares de tamaño inferior, reconociéndose la discontinuidad de las fábricas.

El interior se reforzó mediante ladrillos trabados con yeso, y lo terminaron con revestimiento de yeso grisáceo. Los dos mechinales que atraviesan la galería, fueron cegados con ladrillos a panderete (figura 12).

Según el informe arqueológico, en su interior se han recuperado restos cerámicos de la primera mitad del siglo XIX (Pascual, G. 2008).



Figura 12

Así mismo, se han documentado tres grafitis incisos con las inscripciones en letra cursiva:

1° En la pared norte, en tres líneas: ...*Reynando Fernando VII/ ... de .../...s...sa*. . ...
2° En el lateral sur, en el cuarto mechinal desde aguas arriba: AÑ... 1810.
3° En el lateral sur, más al oeste, se aprecia la letra *R* y otras marcas.

Su situación en la pila central del puente, la cronología de los grafitis 1810, y restos cerámicos, y el contexto histórico en que se construyó, permiten afirmar que se trata de una mina para volar el puente. De hecho, coincide con la metodología de voladura y su correspondiente dibujo-modelo, aportados por De Sojo en 1909, para dinamitar un puente.[11] (De Sojo 1909).

La construcción de esta mina, se relaciona con el segundo asedio que sufrió Valencia, que duró cinco días en los inicios de marzo de 1810. Las tropas francesas al mando del mariscal conde de Suchet llegaron a ocupar la orilla izquierda del Turia y de nuevo fueron rechazadas (Hernando 2004: 92).

FASE 8ª: 1811. Desmontaje del segundo vano del puente. Desmontaje de los casilicios.

La observación de la bóveda del 2ª vano, sugiere las siguientes diferencias respecto del resto de vanos, lo que lleva a la hipótesis de su desmontaje y nuevo montaje.

1° La unión de la bóveda del vano 2° con la pila 1ª AB, es claramente diferente. Así la moldura de coronación del puente, al llegar a la pila 1ª se corta dejando pasar el tajamar, como si éste se hubiera construido antes que la bóveda. De hecho, en la unión del vano 1° con esa misma pila 1ª, AB, se observa lo contrario, que la moldura de coronación pasa por dentro del tajamar, dejando claro que el tajamar es posterior a la bóveda (figura 9).

2ª En todas las caras de las pilas, existen seis mechinales pasantes de 49 × 52 cm, situados en la 8ª hilada, para el apoyo de las cimbras de la construcción del puente. Sin embargo, la cara norte de la pila 2ª y la sur de la pila 3ª, disponen además de 12 huecos, seis en la hilada 7ª y seis en la hilada 2ª, que no aparecen en el resto de pilas.

Los seis huecos superiores, cortan a los mechinales originales, excavándose en el sillar, presentando un alzado de 34 × 33 cm y una sección interior escalonada hacia arriba, con dos huellas de 26 y 13 cm, y dos contrahuellas de 15 y 16 cm.

Los seis huecos inferiores, presentan un alzado de 33 × 30 cm, pero la sección interior está biselada hacia arriba, con una base de 24/25 cm.

3ª Existen algunos sillares distintos a las otras bóvedas, y ésta es mas rebajada que el resto de vanos, lo que se visualiza desde las aceras del puente, existiendo entre éste y el pretil una discontinuidad



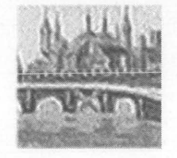



Figura 13

muy marcada, de hormigón de cal con fragmentos de ladrillos y sillares.

El desmontaje del segundo vano se relaciona con el tercer y definitivo asalto a Valencia, que comandado por el mariscal Suchet, se inició el 26 de diciembre de 1811 y terminó con la toma de la ciudad el 9 de enero de 1812 (Arcón 1999: 409–410; Hernando 2004: 93).

La confirmación documental del desmontaje la encontramos en el plano del asedio de 1812, realizado por el ejército francés, y editado en 1834. Este plano muestra una vista desde el oeste del puente de Serranos, en la que se aprecia una estructura provisional en aspa en el segundo vano (figura 13).

Igualmente, durante el año 1812 y 1813, se han encontrado gastos referenciados en los Libros de Fábrica de la Nueva del Rio, que se refieren a reparaciones realizadas en el tramo provisional de madera.[12]

Es decir, a finales de 1811, antes del ataque francés, se desmontó el 2º vano, y una vez que capituló la ciudad, se construyó una pasarela provisional, para lo que se realizaron los 12 huecos-mechinales en las caras norte y sur de las pilas 2ª y 3ª. Y dicho tramo provisional estuvo al menos hasta mediados del año 1813.[13]

Por otra parte, parece bastante lógico pensar que en ese momento del desmontaje del vano 2º, por seguridad, se procediera también a desmontar los dos casilicios. De hecho, en los planos militares de ese momento, ya no aparecen dibujados, por lo que la hipótesis parece acertada.

FASE 9ª: 1813–16. Reparación de pretiles, montaje del vano 2ª, terminación suelo Bajada Carruajes

En el punto 4 «Construcción original del puente de Serranos», ha quedado clarificado que los arrimaderos se desmontan en 1808, y que el nuevo pretil realizado en línea recta, se monta también en 1808, entre el 2 de marzo y el 23 de junio. Por tanto la interpretación que de este hecho hacen Carreres en 1933, Garín en 1983 y Catalá en 1998, de que las barandas del puente las manda desmontar la Junta de Defensa de la Ciudad en 1808, y que manda reponerlas a partir de 1816, es una interpretación errónea.

De hecho, el documento con el que trabaja Carreres, y al que se remiten, tanto Garín como Catalá, es efectivamente un documento de los Libros de Fábrica de la Obra Nova del Riu, de 1816, y lógicamente se refieren a las reparaciones que se deben realizar, en las barandas del puente, después del duro ataque experimentado en 1811, cuando capitula la ciudad.

> que debe concluirse las varandas del puente de Serranos siguiéndolas rectas por donde estavan los casilicios de los santos.[14]

Al parecer, desde pocos meses después de la toma de la ciudad, la municipalidad, se dirigió sin éxito a la Nova del Riu, para que se repusieran las barandas-pretiles destrozadas durante el asedio a la ciudad,[15] no produciéndose estas reparaciones hasta bien en-

trado el año 1813,[16] por lo visto por falta de disponibilidad económica, quedando todavía en 1816 pretiles por reponer

Parece bastante lógico pensar que en esos años, de forma muy lenta, se fueron arreglando todos los destrozos derivados del asedio a la ciudad, como la reposición del vano 2º, los pretiles y el suelo de la bajada de carruajes.

FASE 10ª: 1875. Instalación de los raíles para el hipomovil (primero), y el tranvía, después. Pavimentación del tablero

En 1875, la instalación de los raíles para el hipomovil, primero, y para el tranvía después, llevó consigo la eliminación del pavimento original del puente, de mortero de cal con gravas, y su sustitución por un nuevo pavimento de adoquinado de granito con pieza de 20 × 10 × 10 cm, colocada transversalmente.

FASE 11ª: 1950–60. Anulación del tranvía, nueva pavimentación, colocación de instalaciones bajo las aceras

Casi un siglo después, en la década de los años 1950–60, una vez anulado el uso del tranvía, se procedió a la repavimentación del tablero del puente, con una capa de 6 cm de hormigón asfáltico, que ha venido manteniéndose hasta la actualidad.

FASE 12ª: 2005–09. Restauración del puente de Serranos

En el periodo 2005–09, se ha procedido a la restauración del puente de Serranos, realizando las actuaciones de: consolidación estructural; limpieza, reposición, consolidación e hidrofugación del material pétreo; recuperación de 13 arrimaderos; y prolongación de la bajada de carruajes.

Consolidación estructural: el análisis del comportamiento estructural mediante cálculo tridimensional por elementos finitos,[17] determinó la adecuación de la cimentación, y que la causa principal de la fisuración lineal con grietas de hasta 6 cm, era debida a las tensiones horizontales centrífugas, inducidas en las operaciones de frenado, aceleración y giro del tráfico rodado.

Su verificación experimental, se realizó mediante un ensayo de carga dinámica.

La consolidación estructural consistió en el relleno de las grietas con mortero de cal hidratada y metacaolín «Albaria Struttura», o lechada superfluida de «Albaria Iniezione», en caso de inyección, ambas de la casa Basf. Y en el cosido transversal mediante varillas de fibras aramídicas y resina epoxi al 50%, de 6/7 mm de diámetro y 2 m de longitud, con relleno del anclaje con resina epoxi de la casa Mapei, combinando Adexilex P61 y Epojet para conseguir una mezcla densa o fluida, según necesidades reconocidas por inspección con video-endoscopio de la casa Everest·Vit, con sonda de 6mm de diámetro, y 2 m de longitud.

En los vanos 8 y 9, dada su alta deformación geométrica, con desplazamientos verticales de sillares de hasta 10 cm, y fisuración generalizada en la dirección longitudinal, se procedió a reforzar el cosido transversal en toda su anchura, 11 m, con varillas de acero de 25 mm de diámetro.

Restauración del material pétreo: El material pétreo presentaba una alta degradación, con erosión superficial y profunda, perdida de sección, suciedad generalizada, suciedad intensa, manchas negras-costras, afloración de sales, humedades, aparición de líquenes, vegetales, ..., así como juntas de mortero de cemento, anclajes metálicos, y actuaciones vandálicas como grafitis, manchas de humo, ...

Con el objeto de aplicar el tratamiento mas adecuado, se hizo un riguroso examen-reconocimiento-grafiado de los daños, con realización de ensayos previos de caracterización físico-química[18] del material pétreo, con reconocimiento de sus procesos de degradación, de los agentes causantes, y de los métodos mas eficaces de recuperación.[19]

Para a continuación, aplicar la secuencia:

- Limpieza previa manual, limpieza general con lanzadera de agua a presión (70–150 BAR), limpieza intensa con proyección de abrasivos en seco con silicato de alúmina de ∅ = 0,02 a 0,08 micras, y limpieza específica con *gel anti graffi 200 + quita sombras 60 ge,* eliminación de manchas-costras negras con hidróxido sódico, y eliminación de eflorescencias salinas con de empacos de Sepioli-

ta y Arbocel al 50%, impregnados hasta saturación con AB57.

- Restitución de juntas mediante mortero de cal hidráulica y arena (1:3), con una segunda capa de mortero de cal grasa y cal hidráulica en partes iguales y arena en proporción (1:3).
- Restitución pétrea realizada solo para recuperar su unidad constructivo-estructural, o funcional, mediante cajeado a hueso de 10–15 cm, de sillares de piedra de Godella, abujardados.
- Para la protección, y tras ensayar cuatro parejas de productos, se han aplicado el consolidante Fakolith Multil-lite FK-7, y el hidrofugante Fakolith FK-7.[20]

Recuperación de 13 arrimaderos; y prolongación de la bajada de carruajes

Arrimaderos: la recuperación de los 13 arrimaderos-apartaderos del Puente de Serranos, que existieron hasta 1808, se ha planteado de forma que se reconozca su actualidad cultural, a la vez que se dialoga sutilmente con el original.

Para ello cada lado del arrimadero, se ha construido con dos piezas de piedra de gran tamaño, que quedan separadas del pretil, marcando la diferencia y autonomía mediante el material, su corte oblicuo, y su dimensión (figura 14).

Bajada de carruajes: Para resolver el encuentro de la bajada de carruajes con el actual nivel del lecho del río, existían dos opciones: mantener la bajada histórica como protagonista, depositándose suavemente sobre la topografía del cauce;[21] o bien continuar construyendo la bajada hasta encontrarse con el nivel del río.

Desde el proyecto se optó por la primera, mediante la reinterpretación geométrica y esencializada del talud de tierras original. Sin embargo, la Dirección General de Patrimonio de la Generalitat Valenciana, optó por la opción de continuar la bajada, con la misma ocupación, pendiente (12,8%) y material.

Nuestra aportación ha consistido en el reconocimiento de la contemporaneidad de la actuación, mediante su definición como un plano que se pliega lateralmente, construyéndola, al igual que los nuevos arrimaderos, con piedra diferenciada de las canteras de Montesa, con despieces de gran tamaño, y acabado abujardado (figura 15).

FASE 13ª: 2009–11. Peatonalización del puente de Serranos

Teniendo claro que el tráfico rodado es el causante de la degradación estructural del puente de Serranos, y que al asumir el papel de vía principal de penetra-

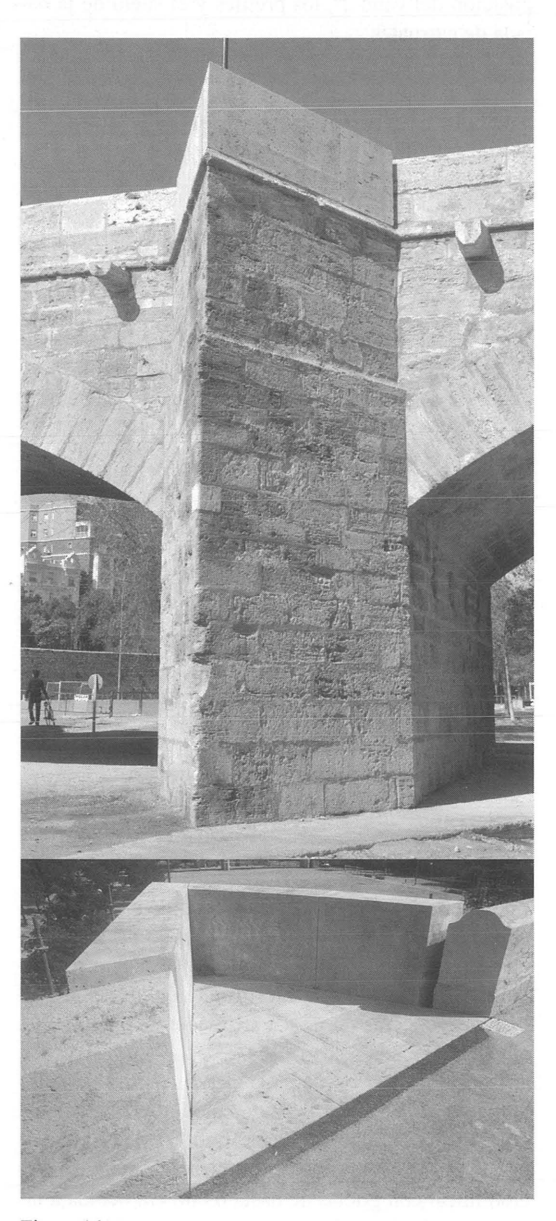


Figura 14



Figura 15

ción al Centro Histórico, según los servicios técnicos del Ayuntamiento de Valencia, dicho puente se configura como pieza vital del entramado del tráfico de la ciudad.

Es por lo que su peatonalización requería de una solución alternativa de penetración del tráfico, en una posición de similares características técnicas como: direccionalidad, capacidad de absorción de tráfico, posibilidad de conexión con la trama histórica, ...

Para ello, en colaboración con el Servicio de Transportes y Circulación del Ayuntamiento de Valencia, hemos desarrollado el Proyecto de reordenación urbana de la zona entre San Pio V y las Torres de Serranos, que da respuesta a las tres cuestiones planteadas: penetración de tráfico rodado al Centro Histórico y de recorridos peatonales norte-sur; potenciar el parque del Turia como recorrido cultural; y dar solución a la función deportivo-lúdica en el cauce.

Para la penetración de tráfico, se ha sustituido la actual pasarela peatonal, por un nuevo «Pont de fusta», con dos tableros, uno de hormigón de 10 m de anchura con tres carriles de tráfico, y otro de madera de 4,5 m de anchura para paso de peatones. Su situación histórica, consigue resolver la necesidad de proximidad, direccionalidad y capacidad requerida por las condiciones de tráfico, minimizar la presencia de un nuevo puente en el perfil de la ciudad y en su propia trama urbana, y recuperar un puente emblemático de la ciudad de Valencia.

Para resaltar el recorrido cultural del parque del Turia, como eje vertebrador de la ciudad, se potencia el recorrido museístico desde los jardines del Real con el Museo de San Pio V, atravesando en diagonal el parque, se adentra en la ciudad histórica a través de la recuperada bajada de Carruajes, en una secuencia museística de gran calado: Torres de Serranos, Cortes Valencianas, Palau de la Generalitat, la Catedral, la Basílica, el Museo de la Ciudad, el del Almudin, el de la Almoina, el Carmen, la Beneficencia, y los grandes museo contemporáneos como el IVAM, o el MUVIM.

La función lúdico-deportiva del cauce-parque, debía ser capaz de relacionar de forma natural y sencilla, los puentes de Trinidad y Serranos, con los dos campos de futbol, y sus correspondientes servicios-vestuarios, con el nuevo «Pont de fusta», junto a los flujos peatonales. Para ello, se ha planteado un único sistema de orden, cuya geometría surge desde la direccionalidad marcada por el propio río, pero que al fragmentarse en cintas y trazas, que se solapan y superponen, permite conseguir la buscada articulación en sentido transversal y diagonal.

Su ejecución se prevé durante los próximos dos años, de forma que a finales del 2011, se tiene la confianza de que el puente de Serranos será peatonal.

La peatonalización permitirá valorar el acceso a la ciudad desde el Norte. Para ello, el nuevo pavimento, busca resaltar la unidad, continuidad y tensión direccional, mediante la utilización de una pieza pequeña de adoquín de granito de 10 × 20 × 10 cm, con dos acabados superficiales combinados en forma aleatoria. Su disposición autónoma, se reconoce al separarse de los pretiles, mediante dos líneas continuas, una de luz y otra de oscuro.

El encuentro Sur de Serranos, con la Plaza de los Fueros, trata de remarcar el eje de relación Puente-Torres, mediante dos tramas de pavimento granítico (10 × 20 y 120 × 40 cm), de diferente acabado, separadas, por una iluminación empotrada que refuerza la linealidad y direccionalidad de la relación (figura 9).

Notas

1. El estudio mas detallado de las influencias histórico-culturales en los Puentes de Trinidad y Serranos de Valencia, se puede ver en Fernández, M. y otros, *Lectura histórico-cultural de los puentes históricos de Serranos y Trinidad.* Preprints XVI Internacional Meeting on Heritage Conservation. Valencia 2006, ISBN: 84–8363–028–1; 1897 a 1917.
2. Encima del primer tajamar aguas arriba del Puente de Serranos, en 1538, se erigió el primer Casilicio conocido en Valencia, dedicado a la «Cruz Patriarcal de San Bartolomé», y en 1670, se construyó encima del tajamar de enfrente el casilicio dedicado a San Pedro Nolasco. En el Puente de la Trinidad, en 1722, ya estaban construidos dos casilicios dedicados a San Bernardo y a sus hermanas, las Santas María y Gracia. Ver en Moreno Ribelles, E, y otros, «Los casalicios como elementos ornamentales y devocionales de los puentes de Trinidad y Serranos de Valencia»; Preprints XVI Internacional Meeting on Heritage Conservation. Valencia 2006, ISBN: 84–8363–028–1; 1935 a 1943.
3. AMV, Libros Fábrica Nueva del Río, ll.ll–80, fols. 83r–88v.
   30JUN1808. Relación y cuenta con su cargo y datos que presenta Antonio Gisbert Sobrestante de obras de la Iltre. Fábrica Nueva del Río de los gastos que se ha hecho por cuenta de dicha fábrica en diferentes composiciones ... desde 1 de enero a fin de junio de 1808.
   El gasto de deshacer trece lunetas o rellanos con sus asientos que había a los lados del puente de Serranos y principiar a cerrar los portillos con baranda línea recta con planos inclinados a la parte del río sobre los postes del puente donde estaban los asientos. (2MAR–23JUN1808). El desglose de los gastos en fol.87r–88v.
4. AMV, Libros Fábrica Nueva del Río, ll.ll–80, fol. 99r–101r.
   15AGO1808. Relación por Pedro Gonel, de la cantería nueva y jornales de oficial de cantero que desde el día 26 de abril de 1808 hasta el día de la fecha tengo aquella sentada con la obra y estos empleados en trabajar piedra vieja, uno y otro para el reparo que por orden de los muy ilustres Señores Vocales de la Iltre. Junta de las Fábricas de la Iltre. Ciudad se esta haciendo en el pretil y coronación o remate de los postes del puente de Serranos pues en lugar de las lunetas y canapeus que había se coronan los postes con declinación para que no duerma sobre ellos el agua y se pasa la baranda recta cuya obra corresponde a la Fábrica Nueva del Río, siendo sobrestante Antonio Gisbert y es según sigue las jornadas por semanas y la cantería por piezas medida a escuadra por su mayor vuelo después de trabajada.
   224,5 jornales de oficiales canteros .... 154 £, 2 sueldos
   94 piezas hasta el 15AGO1808........... 356 £
5. AMV, Libros Fábrica Nueva del Río, ll.ll–80, fols. 253–256r.
   30JUN1810. Relación de gastos en reparaciones de la Fábrica Nueva del Río, sobre composiciones de grava hechas en los baches de los puente de Serranos y del Mar. Fol. 253v: «diás 12 y 13 de enero de 1810, se trabajaron ocho jornales de carro y seis de peón ... los carros en portear grava del río para la composición de los baches y hondos que había en el puente de Serranos y sus bajadas, y los peones en ayudar a cargar los carros y en escamparla en el puente».
   Fol., 254r, días 15, 16, 17 y 18, dieciséis jornales de carro y doce jornales y medio de peón en continuar los baches y hondos del puente de Serranos y componer también los que había en el del Mar.
   Fol., 254v, 2 de marzo de 1810, se trabajaron siete jornales de carro y 3 de peón en «componer con grava del río las bajadas del puente de Serranos, especialmente la de la parte de la calle Murviedro assí al llano de la Zaydía y muchos hoyos que había en el camino arrimado al paredón del río de dicho llano».
6. Según Teodoro Llorente el origen de esta voz estaría vinculado con el diminutivo valenciano de casa. En palabras textuales del propio autor: «Empleo esta palabra [casilicio] porque es de uso general en Valencia y la han adoptado todos los escritores valencianos hablando en castellano y refiriéndose a los templetes de los puentes. Es voz valenciana casalici o casilici, diminutivo de casa»
7. Orellana, en su libro *Valencia antigua y moderna. Historia y descripción de las calles, plazas y edificios de Valencia,* hace alusión a los motivos de la dedicación del nuevo casilicio a San Pedro Nolasco: «en memoria de haver tengut lo dit Sant revelació de la conquista de la present ciutat y regne y haver assistit y acompañat en ella al invicte rey En Jaume conquistador.»
8. «Lunes a 13 de octubre [de] 1670 asentaron la imagen de San Pedro Nolascho sobre una boca del puente de los Serranos. Pagó el gasto el Padre Maestro Jusephe Sanchis, Generalísimo de su Sagrada Religión de Nuestra Señora de la Mersed, después Obispo de Segorbe». Dietario manuscrito de Onofre Esquerdo, con-

servado en el Archivo del Real Convento de Predicadores de Valencia.

9. Diego Martínez Ponce de Urrana, declaraba: «haver vist un casilici en lo qual està colocat lo gloriós Sent Pere Nolasco y haver trobat aquell acabat ab tota perfecció y conforme capitols, així dit casilici com lo pilar que se ha fet des de baix del pont. Este testimonio está fechado el 12 de febrero de 1671, Cit. (Pingarrón, F. 1998, 45)
10. Para conocer con rigor el papel que representó el autor de la Real Capilla de la Virgen de los Desamparados de Valencia, D. Diego Martínez Ponce de Urrana consultar (Bosch Reig, I. 2005, 81–95)
11. La metodología explicada por De Sojo para situar las cargas de explosivo para dinamitar una pila, indica que se colocan «entrando en ramal por el lado mayor y en el punto medio de cada dos hornillos y, retornando en los dos sentidos en ángulo recto para llegar al emplazamiento de la carga» (De Sojo 1909).
12. AMV, Libros Fábrica Nueva del Río, ll.ll–81, fol. 56r. 31JUL1812. Relación de gastos presentada por Antonio Gisbert, sobrestante de la Fábrica Nueva del Río, por arreglos: «la composición del puente de Serranos en la porción donde hay madera para su transito.
AMV, Libros Fábrica Nueva del Río, ll.ll–81, fol. 100r. 1JUL1812. Informe del arquitecto Cristóbal Sales y del Maestro Cantero Pedro Gonel sobre el estado de los puentes, paredones, escarpados, ..., «que se limpien y desembaracen los claros de los arcos de los puentes de Serranos y de la Trinidad excepto el claro del ojo que hay cortado en el puente de Serranos donde apoyan los pies del puente provisional, pues este debe quedar en el mismo estado en que se halla para que queden guardados más estos pies en cualquier avenida y pueda el agua tener mejor salida por los demás ojos».
13. AMV, Libros Fábrica Nueva del Río, ll.ll–81, fol. 140. 30ENE1813. Relación de gastos presentada por Antonio Gisbert, sobrestante de la Fábrica Nueva del Río, por arreglos: «el importe de la madera, jornales y demás para asegurar el arco de madera del puente de Serranos».
AMV, Libros Fábrica Nueva del Río, ll.ll–81, fols. 152–154. 27FEB1813. Relación de gastos presentada por Antonio Gisbert, sobrestante de la Fábrica Nueva del Río, por arreglos: «el gasto de carpintero y madera para asegurar el arco de madera provisional del puente Serranos».
14. A.H.M.V., *Obra Nova del Riu*, 1670, 1652–1653, 1771–1772 y 1816, núms. II, II, 36,50, 57–59 y 103
15. AMV, Libros Fábrica Nueva del Río, ll.ll–81, fol. 15r. 7NOV1812. Junta particular de la Iltre. Fábrica Nueva del Río, en la que se da cuenta de «un oficio de la Ilustre Municipalidad que se ha dirigido con su secretario con fecha dos del actual interesando la necesidad de reponerse la baranda o pretil del Puente de Serranos para precaver el peligro que amenaza». Se acuerdan contestar que reconocen el riesgo pero que no tienen fondos.
16. AMV, Libros Fábrica Nueva del Río, ll.ll–81, fols. 165–166. 27FEB1813. Relación de gastos presentada por Antonio Gisbert, sobrestante de la Fábrica Nueva del Río, «por jornales de albañilería y demás que se han empleado (...) y principiar a reponer los pretiles de la bajada del puente de Serranos de la parte de Valencia».
17. Para conocer en profundidad el proceso realizado para el análisis del comportamiento estructural de los puentes de Trinidad y Serranos de Valencia, ver: Martínez, A. y otros, *Análisis del comportamiento estructural de los puentes históricos de Serranos y Trinidad en Valencia.* Preprints XVI Internacional Meeting on Heritage Conservation. Valencia 2006, ISBN: 84–8363–028–1; 1849 a 1866.
18. Para reconocer las diferentes técnicas de análisis físico–quimico utilizadas en la caracterización de los materiales, ver: Roig Picazo, Pilar. Estudio técnico, analítico y estilístico de obras de arte. Ed: Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, 2005, 137 a 158.
19. Bosch Reig, I., Intervención en el Patrimonio: análisis tipológico y constructivo. Ed. UPV. Valencia 2005, 192–198.
20. El análisis pormenorizado de los materiales, deterioros, causas de degradación y resultados correspondiente a los materiales pétreos de los puentes de Trinidad y Serranos de Valencia, se puede ver en: Navarro, A. y otros, *Lectura constyructivo-tecnológica de los puentes de Trinidad y Serranos de la ciudad de Valencicia: materiales pétreos, daños y causas.* Preprints XVI Internacional Meeting on Heritage Conservation. Valencia 2006, ISBN: 84–8363–028–1; 1867 a 1884
21. El análisis histórico de las diferentes vistas y planos de la ciudad de valencia desde el inicial de 1563 de Anthon van den Wijngaerde, pasando por el plano de Mançelli de 1609, el Tosca de 1704, el Tosca reformado por Fortea de 1738 y las imágenes más recientes del Siglo XIX como son la vista realizada por Antonio Güesdon de 1858, la fotografía de J. Laurent de 1870, el grabado de Teodoro de Llorente de 1887, y la fotografía de 1902, nos muestran una bajada de carruajes que se posa suavemente sobre el lecho del rio, mediante un talud de tierras con pendientes ciertamente bajas.

El manuscrito del arquitecto Antonio Ramos y su aplicación a la iglesia del Sagrario de la catedral de Sevilla

Ana Mª Bravo Bernal

El arquitecto Antonio Ramos desempeñó el cargo de maestro mayor de la Catedral de Málaga desde el año 1760 hasta su muerte en 1782. En este periodo de tiempo fue requerido por el Cabildo Hispalense, concretamente en abril de 1776, para emitir un informe[1] sobre la iglesia del Sagrario.[2]

Tras la visita a la Catedral de Sevilla, el maestro inspeccionó la fábrica tomando sus dimensiones de longitud, latitud, alturas, espesor de los muros, arcos, bóvedas, adornos exteriores, desplome de muros y grietas que plasmó en su escrito, indicando que las grietas eran debidas a asientos antiguos, la construcción de los muros estaba viciada y los adornos del trasdosado de la cúpula suponían un peso excesivo para la misma.

Centrado en este último punto propuso dos intervenciones, una eliminar dichos adornos pétreos y colocar una figura de la Fe de madera forrada con finas lámina de plomo y otra cuestionarse las dimensiones que debe tener un pie derecho para soportar los empujes de un arco. Esta pregunta puso el dedo en la llaga, pues este era el tema más delicado, y que ningún maestro de arquitectura, según Antonio Ramos, ni los más grandes, como Hermógenes, Vitruvio, Andrea Paladio, Sebastián Serlio, Jacobo Vignola, León Baptista Alberto, Blondel, Wolfio y otros, habían conseguido saber de manera razonada, y que siempre lo hacían según la experiencia de cada uno, quedando la duda si habrían acertado adecuadamente, de manera que el material empleado era el justo o no desperdiciándolo, pues no se conocía donde estaba el límite. Este tema fue tratado por varios autores como Gautier, Bellidor y Felipe de la Hire, de quien transcribió literalmente párrafos pero, en la opinión del maestro Ramos, no consiguieron extraer unas reglas claras para saber el espesor del pie derecho según el empuje que recibe del arco.

El informe que finalmente emitió sobre el Sagrario supuso una ocasión para poner en práctica sus conocimientos sobre el dimensionado de los estribos mediante un estudio sobre la estabilidad del edificio, cuyo cálculo analítico no conocemos, pero sí su representación gráfica a través de uno de los cuatro planos que lo acompañaban.

Por tanto para entender la intervención que realizó Ramos en el Sagrario analizaremos dos documentos: uno, su manuscrito[3] titulado «Sobre la gravitación de los arcos contra sus estribos y sobre el cálculo para la resistencia de éstos» donde explica las claves de su proceder y dos el plano que ilustra su informe.

Comenzando por el manuscrito, es un documento que actualmente se encuentra depositado en la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando de Madrid, donde en su día lo entregó a Ventura Rodríguez, arquitecto real de Carlos III y amigo de Ramos con objeto de entrar a formar parte del contenido del nuevo plan de estudios de Arquitectura que se estaba trazando en dicha Academia, aunque finalmente no sucedería así.

El texto está compuesto por una serie de siete cuadernillos, en los que desarrolla un proceso de cálculo pormenorizado del peso de cada parte del arco y el empuje que estas hacen sobre el estribo, y conse-

cuentemente cuanto tiene que medir éste para soportarlo y no volcar.

Parte de las siguientes premisas:

1. En la primera trata el modo de actuar el esfuerzo que hace el arco sobre el estribo, considerándolo como una palanca de segundo grado; luego extrae unas conclusiones de proporcionalidad entre las medidas del machón y el lugar donde actúa la fuerza y el grado de inclinación de ésta, tomadas del *Compendio Matemático* del padre Tosca.[4]
2. La segunda está basada en la teoría del francés Belidor,[5] quien a su vez parte de la doctrina de Felipe de la Hire,[6] aunque también menciona a otros autores, como Gautier,[7] de los que incluye textos completos en su manuscrito, pero a la vez los critica por no haber sido capaces, según él, de proporcionar unas reglas que permitan dimensionar los estribos. Todas estas teorías se basaban, para el cálculo de los estribos, entre otros principios, en la ausencia de rozamiento entre las dovelas que componen el arco, lo que implicaba que las reacciones que se producían entre ellas tenían que ser perpendiculares a sus planos de unión para que no cayeran por deslizamiento. Esto, que hoy día se ha comprobado que no es cierto, sirvió de base a los tratadistas del siglo XVIII.[8]
3. En tercer lugar, los arcos con los que trabaja son de medio punto, aunque su estudio sirve para cualquier tipo y considera solo la mitad por razón de simetría, como era tradicional en el «Arte de la Montea». También parte de que el arco y el estribo deben tener igual espesor y ser del mismo material, lo que le permite simplificar los pesos y trabajar de esta manera sólo con las respectivas superficies.
4. En cuarto lugar dice que el medio arco y el pie derecho son una sola cosa, y si éste no soporta el empuje se mueve todo el conjunto sobre el hipomodio o punto de giro del estribo, pero si éste es débil, entonces a un tercio del medio arco se agrieta, quedando el primer tercio unido al pie derecho y el resto tiende a bajar, o deslizar hacia abajo. Es en este punto donde difiere Ramos de Bellidor, pues éste considera el punto de ruptura del arco hacia la mitad, es decir a los 45º en lugar de los 30º, aproximadamente.

A partir de aquí realiza el cálculo de la siguiente manera:

- Toma un arco de medio punto al que proporciona unas medidas concretas.
- Divide el semiarco en dos partes, una hasta los 35º, que considera unida al pie derecho, y la otra la divide en 5 dovelas de 10º cada una, más la clave, que al ser la mitad equivale a 5º, teniendo así el total de los 90º del medio arco.
- Calcula el peso propio de cada dovela y el de la parte del arco unida al pie derecho junto con éste.
- Divide la sobrecarga del arco por planos verticales, coincidentes con las divisiones del trasdós según las dovelas, y calcula sus pesos.
- Suma los valores de los pesos de las sobrecargas y de las dovelas.
- Halla el empuje de cada valor anterior sobre el pie derecho según el ángulo que forma la junta de cada dovela con el plano horizontal, partiendo del vector que representa el peso, y forman 90º con la horizontal, y aplicando reglas de tres va calculando la incidencia de cada peso según su ángulo, así, por ejemplo, la media clave tiene un ángulo de 85º y un peso propio más sobrecarga P, entonces P es proporcional a 90º, como la incógnita lo es a 85º.
- Los esfuerzos hallados, según la inclinación de cada dovela, los considera aplicados en el centro de la superficie de unión entre piezas.
- Halla las distancias de estos puntos medios, donde están aplicadas las fuerzas, hasta el hipomodio o punto de giro del estribo, que está situado en la parte exterior de la base del pie derecho.
- Ahora aplica la teoría de la palanca de 2º grado, multiplicando cada esfuerzo por su distancia al hipomodio y como resultado obtiene el empuje de cada dovela sobre el estribo. La suma de todos ellos es el empuje total que tiene que contrarrestar el estribo con su peso.
- Necesita hallar las dimensiones del estribo para calcular su peso, que aplicado en su centro de gravedad y por la distancia de éste al hipomodio debe equilibrarse con el empuje anterior del arco.

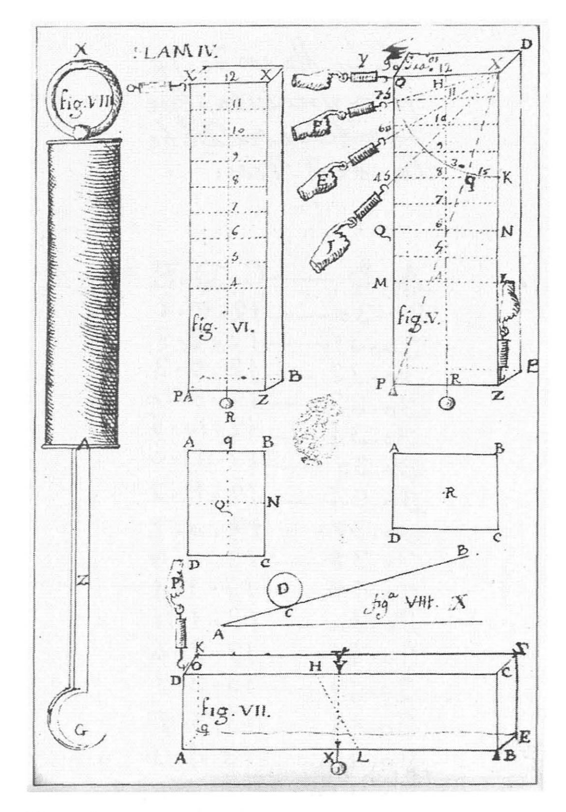


Figura 1
Lámina IV, Manuscrito de Antonio Ramos

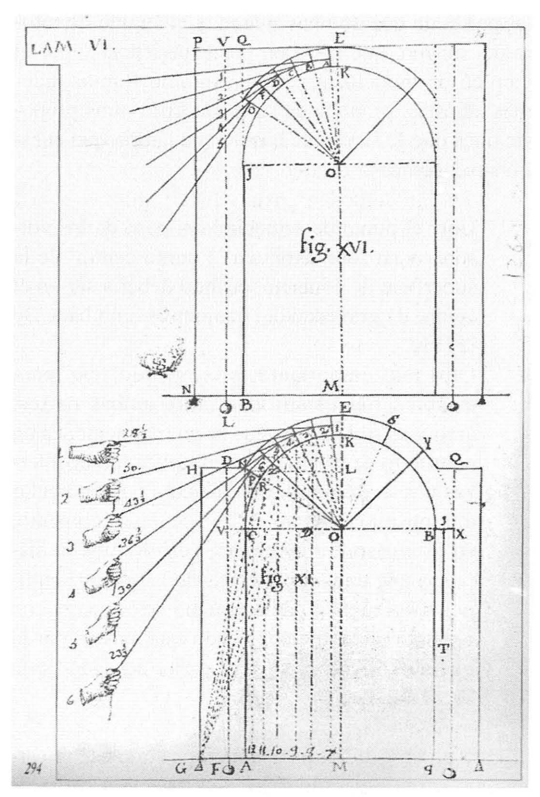


Figura 2
Lámina VI, Manuscrito de Antonio Ramos

Es en este punto donde está poco claro el cálculo pues para hallar el espesor del pie derecho, que es lo que está persiguiendo en todo el proceso, realiza unas extrañas operaciones sumando el alto, más la luz, más el semidiámetro, más la superficie de todas las dovelas y la potencia que hacen sobre él; a esta cantidad le halla la mitad y de nuevo la mitad, le extrae la raíz cuadrada y sale el espesor que busca. Este cálculo, en el que mezcla unidades de longitud, superficie y potencia, no es creíble desde mi punto de vista, siendo más razonable lo que hace Belidor, al resolver una ecuación de segundo grado, donde la incógnita es el espesor del contrafuerte, y cuyo planteamiento es el siguiente: «Peso de los volsores por distancia al hipomodio» es igual al «Peso del estribo por distancia de su centro de gravedad al hipomodio». Siendo en estos dos últimos términos donde interviene la incógnita, que se obtiene resolviendo la ecuación.

Curiosamente, Ramos traduce en su manuscrito, parte del capítulo segundo del tratado de mecánica de Belidor[9] donde explica esta cuestión, pero la parte correspondiente al desarrollo de dicha ecuación, no la contempla, no sabemos si no lo entendía o el texto que él manejó le faltaba esta página; quizás ello le lleva a criticarlo, y decir que no resuelve el problema tan crucial e importante de dimensionar el estribo.

Todo el proceso que realiza el maestro de Málaga es principalmente analítico y nada gráfico, representando exclusivamente aquellos dibujos necesarios para entenderlo.

La teoría general en la que se enmarca, se desarrolla en el siglo XVIII, y parte de una serie de premisas como son: la ausencia de rozamiento entre las distin-

tas partes en que dividen el arco, y el ángulo de rotura del mismo, que conocen por experiencia y por el empleo de modelos a escala; Antonio Ramos, además de éstas, propone en su manuscrito otras proposiciones que le sirven de base y que habría que cuestionarse, como:

1. Uno, el punto de actuación del peso de los volsores y su sobrecarga en el punto central de la superficie de contacto, cuando debería ser en el centro de gravedad del conjunto, como hace De la Hire.
2. Otro muy importante es el método final para establecer la estabilidad entre ambas partes, arco y estribo. Lo que se hace, realmente, es un equilibrio de momentos, multiplicando las fuerzas por su distancia, en dirección perpendicular a la misma, al punto en que se toma momento, en este caso el hipomodio, pero Ramos la distancia que toma no es esta sino la que une en línea recta el punto de actuación de la fuerza con el punto de momento, siendo esta mayor, por lo que aunque no es correcto, está del lado de la seguridad.

Este proceso lo realiza para arcos simples sin carga, con carga enrasada sobre su clave, con carga de un pie y de ocho pies. Y así obtiene unos resultado que plasma en unas tablas de fácil uso, para que todo el que trabaja en la construcción pueda entenderlas.

Primeramente muestra lo que denomina «Tabla fundamental» que contiene hasta 100 arcos.

Esta tabla está hecha para arcos de 30 pies (8,34 m) de diámetro, espesor del arco 3 pies (0,83 m), que es un décimo de la luz, y una altura de 52 pies (14,45 m); estos valores los mantiene constantes y va variando la carga por pies, de uno en uno; así el primero es el arco sencillo, que no tiene carga, solo su peso propio, el segundo es el que tiene la carga enrasada con su clave, el tercero tiene un pie (0,278 m) de sobrecarga sobre la clave y así sucesivamente. Y en las tres últimas columnas de la tabla proporciona las dimensiones que le corresponden al pie derecho para ese arco concreto, en pies, pulgadas y líneas.

Después ofrece otras tablas más desglosadas en las que llega hasta el centenar de arcos, donde mantiene constante el diámetro de 30 pies y varía la altura del estribo desde 30 (8,34 m) hasta 60 pies (16,68 m), y

delos Arcos de 18 pies ynclusso el pie ante de esa Doble la de 3. Pies

A.B	C.D.E
30.30	12.8.1
30.31	12.8.8
30.32	12.9.3
30.33	12.9.10
30.34	12.10.5
30.35	12.11.0
30.36	12.11.7
30.37	13.0.2
30.38	13.0.9
30.39	13.1.4
30.40	13.1.11
30.41	13.2.6
30.42	13.3.1
30.43	13.3.8
30.44	13.4.3
30.45	13.4.10
30.46	13.5.5
30.47	13.6.0
30.48	13.6.7
30.49	13.7.2
30.50	13.7.9
30.51	13.8.4
30.52	13.8.11
30.53	13.9.6
30.54	13.10.1
30.55	13.10.8
30.56	13.11.3
30.57	13.11.10
30.58	14.0.5
30.59	14.1.0
30.60	14.1.7

Figura 3
Tabla el manuscrito de Antonio Ramos

finalmente nos da las dimensiones del estribo, al igual que antes, en pies, pulgadas y líneas. Para calcular arcos de otro diámetro, luz y carga distintos, tiene que hacer una proporcionalidad con los casos que se encuentran en la tabla, por ejemplo propone hallar el estribo de un arco de diámetro 20 pies, luz 50 pies y carga de 30 pies. La proporcionalidad que hay entre el diámetro de 20 y el de 30, que es el que tiene tabulado, es de 1.5, con esta relación afecta a las cargas de 30 pies y son 45 pies y la luz de 50 pies pasa a 75 pies, como las tablas solo llegan hasta los 60 pies los 15 restantes se equivalen a 7 líneas de altura por cada pie sobrante, que son 105 líneas, igual a 8 pulgadas y 9 líneas que se deben sumar al valor que da la tabla de entrar en un arco de carga 45 pies, diámetro 30 y luz 60 pies y hace la proporcionalidad. Avisa que esto es válido exclusivamente para arcos proporcionales. Finalmente traduce en su manuscrito el capítulo veintiséis del tratado de *Arquitectura Civil* del padre Guarino Guarini[10] sobre distintos tipos de bóvedas.

El segundo documento base de esta investigación es un dibujo técnico que se ha convertido en la planimetría más antigua conocida de la iglesia del Sagrario, y que representa la sección transversal del templo por el crucero. Contiene una demostración gráfica del cálculo que ilustra y justifica su propuesta de actuación recogida en el informe que emitió el 19 de abril del año 1776.[11]

Este plano titulado «Perfil en que se muestran los Pilares, Muros y Bóvedas del Crucero con parte de los adornos exteriores» constituye una visión parcial del edificio pero aporta valiosa información, comenzando por la leyenda:

A. Espesor del muro en los Costados de Levante y Poniente.
B. Espesor del muro en los Costados de Mediodía y Norte.
C. Espesor del muro de los Costados del Crucero.
D E. Espesor de los Pilares que reciben los Arcos Torales.
F. Columna de dirección que demuestra la porción de cada volsor que hace acción contra el Pie derecho.
G. Trapecios que manifiestan la porción de bóveda que reciben los volsores del ArcoToral.
H. Líneas que salen de los lechos de los centros de gravedad de las Dovelas que manifiestan el ángulo de la dirección que hacen contra el Pie derecho.
I. Columna de dirección que manifiesta el centro de gravedad que divide la mitad de la Bóveda y su Pie derecho en dos partes iguales.
J. Hipomodio de las Bóvedas.
K. Palancas que manifiestan las longitudes desde el Hipomodio al Centro de gravedad de los Volsores.
L. Cubo proyectado.

Es una vista diédrica atravesada por una línea vertical que pasa por su centro y la divide en dos partes,

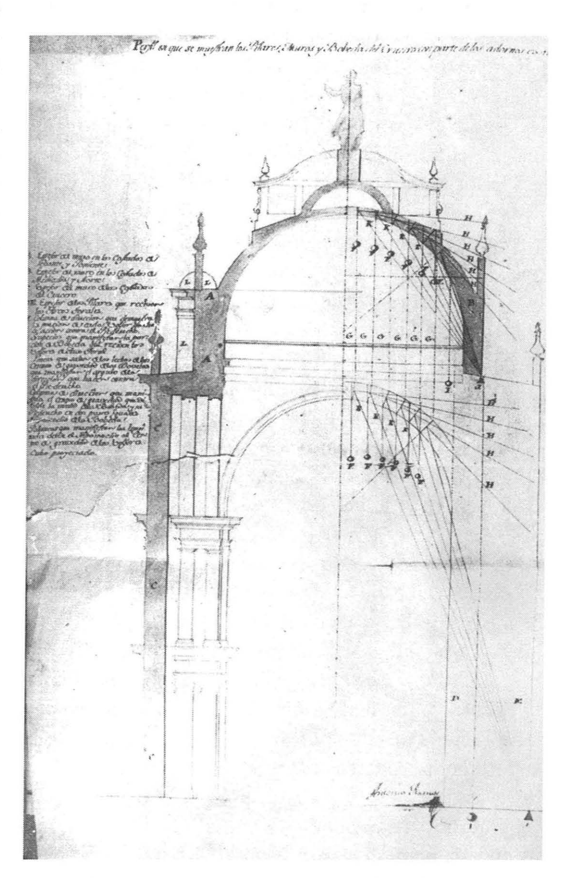


Figura 4
Sección del Sagrario por el crucero

a modo de eje de simetría. La mitad de la izquierda refleja la sección del muro colateral oeste, la del muro que circunda la cúpula y esta misma, al fondo, en proyección, el estribo y el arco sobre el que se sustenta y el cilindro de cantería que proyecta Ramos. En la parte superior de la media naranja, dibuja su óculo cerrado, y todos lo adornos que la coronaban, la cupulilla, la estatua de la Fe sobre un pedestal y los arbotantes. En la mitad derecha tiene dibujado prácticamente lo mismo, pero con algunas simplificaciones, pues la utiliza para realizar mediante Estática Gráfica el cálculo del ancho del estribo toral, que repite dos veces, una en la cúpula y otra en el arco.

En dicha sección, sin embargo, el muro que rodea la media naranja está dibujado con menor espesor que en la otra mitad, y según la letra que lo señala, corresponde al espesor del muro que está al norte y al sur, que es de una vara (0,836 m), y el de la otra mitad, más grueso, es el espesor que tienen el orientado al este y al oeste, que es de dos varas (1,672 m), diferencia de grosor, que también refleja en su escrito. Siguiendo con el dibujo, el maestro malagueño sitúa el centro de la cúpula por encima del tambor y del friso; la divide en dos partes con una línea inclinada a 45º, a continuación la zona superior la vuelve a subdividir en cinco dovelas iguales más la clave, que es la mitad de las anteriores; la zona inferior de ésta, junto con el muro que circunda la cúpula, lo considera todo un conjunto que debe resistir el empuje de la parte superior de la misma.

En el gráfico desarrollado sobre la media naranja, encontramos un conjunto de líneas que utiliza para el cálculo de los estribos, y que identifica con una serie de letras: las verticales señaladas con una F, indican la dirección en la que actúa la fuerza gravitatoria del peso de cada volsor, los rectángulos mixtilíneos que hay sobre el arco, indicados con la letra G, señalan la sobrecarga que tiene cada dovela, las líneas marcadas con una H, son las direcciones de actuación de las fuerzas compuestas por los pesos propios más sobrecargas de cada dovela, sobre el pie derecho, según la perpendicular a la inclinación de cada volsor y la letra K, representa las líneas que unen el centro de la superficie de contacto entre cada dovela, que es donde considera que actúa el empuje, con el hipomodio o punto de vuelco del estribo, señalado con la J; éste último grupo de líneas marcan la distancia que Antonio Ramos utiliza al realizar el equilibrio de fuerzas entre los empujes de los volsores y el peso del estribo, también existe en el dibujo una línea horizontal, que en principio no parece relacionar nada, pero que pensamos puede ser, a buen seguro, la altura de la sobrecarga que considera sobre el arco toral y que es la altura media del muro que rodea la cúpula.

Nos queda por decir, que hay un peso identificado como I situado en la vertical del centro de gravedad del conjunto, formado por el pie derecho y la parte de arco que actúa junto con él. Y en la zona inferior a la descrita, realiza otro gráfico igual al anterior, pero sobre el arco en lugar de la cúpula, donde utiliza la misma terminología sobre los mismos elementos. Para terminar con esta mitad derecha del plano, observamos la representación simplificada de la sección del muro del costado de la iglesia, pero no le interesa sino el espesor total del estribo.

Si aplicamos todos estos conocimientos al Sagrario para intentar recomponer el estudio que realizó a este caso concreto, obtenemos lo siguiente:

a) Los arcos del Sagrario, no cumplen la condición de tener un espesor equivalente al décimo de la luz, que sería de 1,13 m pues tienen aproximadamente 40 cm, pero Antonio Ramos, en su dibujo, lo representa en la mitad derecha con un metro de grosor y a la izquierda, como el que tiene realmente.
b) El punto de rotura del arco, considerado en el cálculo del manuscrito es 35º, pero en la sección que realiza del Sagrario la coloca en los 45º.
c) De la mitad del arco que considera como tal, la divide también en cinco partes y media, igual a los realizados en su estudio, pero ahora no son de 10º como antes, sino de 8,18º, lo que hace más engorroso el cálculo.
d) Sobre el dibujo de la sección representa dos gráficos distintos, como ya se indicó, uno para la cúpula, con el hipomodio situado en la parte exterior de la base del muro que la rodea, y otro para el arco toral con el punto de vuelco en la parte exterior de la base del estribo.
e) La cúpula que considera es ciega, sin óculo, lo que hace que aumente el empuje, pues estas dovelas son las que más empujen producen por su ángulo de inclinación.

El resultado de todo ello es la construcción de unos cilindros de cantería sobre los estribos, para aumentar el peso de los mismos y centrar la resultante de estas fuerzas dentro de la base

del pie derecho. Pero según su teoría el no pensó de esta forma, pues el resultado obtenido debió de ser un estribo mayor que el que hay, pero en lugar de aumentar la magnitud horizontal, que era bastante complicado, ya que se salía del perímetro de la iglesia, optó por aumentar la dimensión vertical hacia arriba.

f) Cálculo de los estribos según la teoría y las tablas del manuscrito de Antonio Ramos. Si este maestro llegó a proponer estos refuerzos en la fábrica del Sagrario, es que debió de haber realizado un cálculo, que intentaremos reproducir siguiendo su teoría y con ayuda de la sección del templo que dejó. Los datos que necesitamos para entrar en las tablas de su manuscrito son, la luz del arco, la altura del estribo y la carga, incluido el espesor de las dovelas:

Diámetro del arco 11,31 metros = 40,68 pies, consideraremos 41 pies.
Altura de los estribos 15 metros = 53,95 pies, consideraremos 54 pies
Carga, según su plano = 24,10 pies, medido sobre el dibujo de Antonio Ramos.
Para que dichas tablas sean efectivas tenemos que hallar la proporcionalidad entre este arco y uno de los definidos por él. Por ejemplo lo hacemos con el diámetro 41 / 30 = 1,36, esta es la relación con la que afectaremos a los otros datos, 54 / 1,36 = 39,70 y 24,10 / 1,36 = 17,72 pies.

Entramos en la tabla de carga 18 pies de altura, diámetro 30 y altura del estribo 40 pies, que es más desfavorable, y obtenemos que el ancho del pie derecho, que debe ser 13 pies, 1 pulgada y 11 líneas, pasado todo a línea suman 1.895, que afectados por la proporcionalidad anterior (1.895 líneas × 1,36 = 2.577,20 líneas), dan 17 pies, 10 pulgadas y 8 líneas, es decir 4,97 m.

Las dimensiones de los estribos torales del presbiterio son 3,70 y 3,89 m a izquierda y derecha mirando hacia el altar mayor y los torales del cuerpo de la iglesia miden 3,84 y 3,96 m en la misma posición que los anteriores; deducimos evidentemente, que los machones son escasos en su espesor, desde 1,27 m a 1,01 metros, lo que debió de llevarle a adoptar su propuesta, aunque probablemente el no usara este camino más corto, sino que realizara todo el proceso analítico y pormenorizado de hallar los pesos de cada dovela y su empuje según su inclinación, etc.

Creo que tras este estudio podemos opinar que Antonio Ramos ha sido, quizás, uno de los maestros más preparados que han pasado por el Sagrario, a pesar de tener una teoría con errores intrínsecos, al igual que todos los ingenieros extranjeros del siglo XVIII ya citados, se preocupaba por temas como el cálculo de los estribos, que estudiaba y ponía en práctica en la catedral de Málaga donde trabajaba. Su actuación en la capilla del Sagrario de la Catedral de Sevilla fue razonable, aunque no muy vistosa, ya que no llegó a tapar todas las grietas, lo que produjo una nueva intervención.

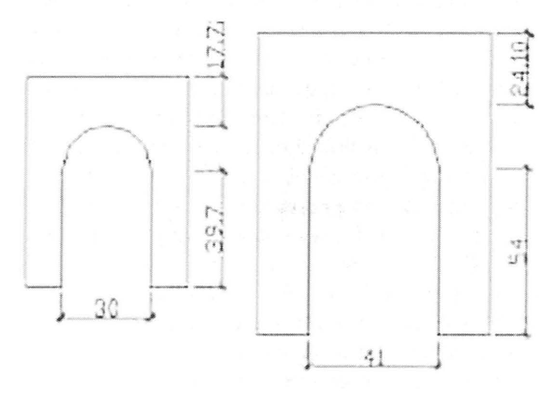
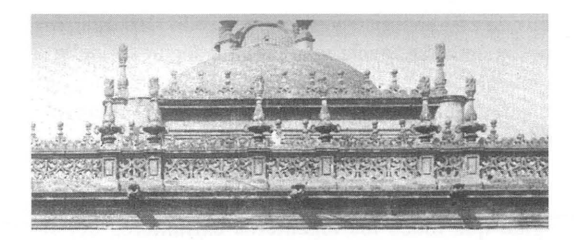
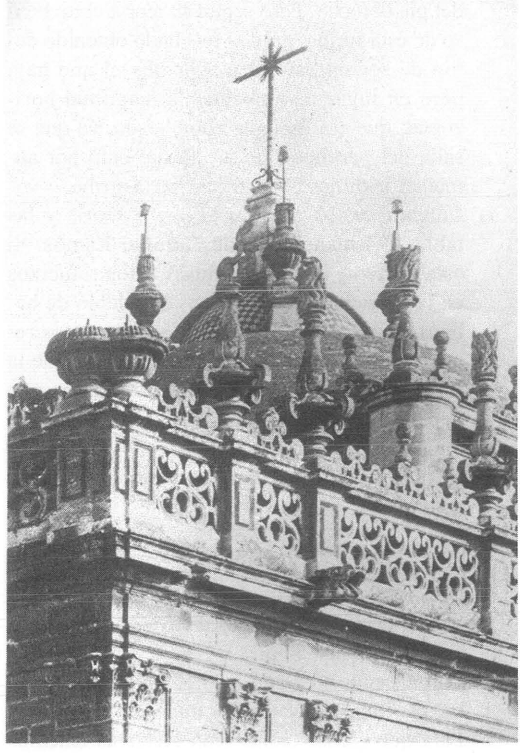


Figura 5
Dibujo A: Arco proporcional al del Sagrario, con el que se entra en las tablas de cálculo de Antonio Ramos, para hallar el espesor de los pies derechos
Dibujo B: Arco con las dimensiones del Sagrario expresadas en pies, y con el que suponemos realizó el estudio

Notas

1. Archivo Catedral de Sevilla —Libro de Actas Capitulares 1775–1776. (139). Fol. 228.
2. Bravo Bernal, Ana Mª: El Sagrario, un problema y su historia. Estudio arquitectónico y documental de la capilla del Sagrario de la Catedral de Sevilla. Sevilla, 2008.
3. Camacho Martínez, R: Ramos, Antonio: La gravitación de los arcos contra sus estribos. Manuscrito recogido en los archivos de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, Madrid.





Figuras 6 y 7
Cilindros pétreos realizados por Antonio Ramos en el crucero de la iglesia del Sagrario

4. Tosca, V. 1715. *Compendio Matemático...*, vol. III, libro II, 280 y ss., Valencia.
5. Belidor, B. F. 1729. *La science des ingeniers dans la conduite des travaux de fortification et dárchitecture civile.* París.
6. Hire, P. de la. 1695. *Traité de méchanique...*, París. «Sur la construction de voûtes, dans le édifices». *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de Paris,* París, 1712.
7. Gautier, H. 1755. *Traité de Pont,s oú il est parlé de ceux des romains et de ceux des modernes.* París.
8. Huerta Fernández, Santiago y Hernando de la Cuerda, Rafael. 1998. «La teoría de bóvedas en el siglo XVIII: La contribución de Philippe de La Hire». En *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, 233-244. A Coruña, 22–24 de octubre de 1998.
9. Belidor 1729.
10. Guarini, G. 1737. *Architecttura Civile,* Torino.
11. A. C: S. - L. A. C. 1775–1776 (139). Fol. 228.

Bóvedas cuadradas por cruceros en España y México

Sandra Cynthia Bravo Guerrero

El objetivo general de este ensayo se resume ampliamente en aportar evidencia empírica sobre la existencia, diseño, fábrica y funcionamiento de las bóvedas cuadradas por cruceros como expresión constructiva del renacimiento español trasladado a la Nueva España, hoy México, y su relación mutua. Para ello se analiza la Parroquia de Nuestra Señora de la Consolación en Cazalla de la Sierra, Sevilla y la Catedral de San Ildefonso en Mérida, Yucatán, ejemplo representativos en España y México respectivamente.

Las bóvedas de crucería disfrutaron de una dinámica evolutiva propia. Desde los modelos de inspiración medieval, compuestos mediante ojivos y terceletes, se va gestando un repertorio de diseños de clara inspiración clasicista, misma que se exporta a América a través de los tratados y los constructores que emigran por ultramar. Así pues, las bóvedas de la Catedral de San Ildefonso de Yucatán en México y de la Parroquia de Nuestra Señora de la Consolación en Cazalla de la Sierra, Sevilla, España, se desarrollan en una planta cuadrada resuelta mediante cruceros de trama ortogonal, que Vandelvira (1591?) nombra como capilla cuadrada por cruceros, participando de una estereotomía de notable diseño.

Los sistemas constructivos que están surgiendo en España en el siglo XVI, especialmente en todo el sur peninsular, se basan en una nueva sistematización de la masa mural pétrea. Aunque en principio se tiende

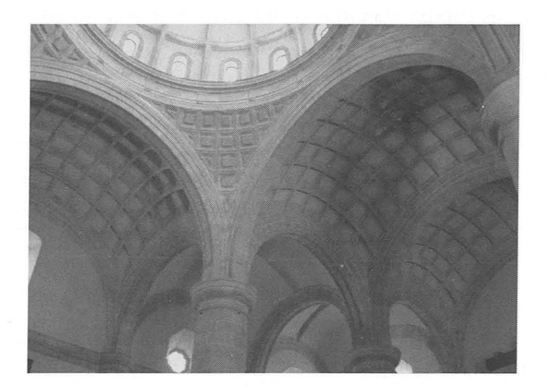




Figura 1
Bóvedas de la Catedral de San Ildefonso en Mérida, Yucatán, y bóvedas de la Parroquia de Nuestra Señora de la Consolación en Cazalla de la Sierra, Sevilla, respectivamente. Siglo XVI

a interpretar que en la cantería renacentista se produce una simple continuidad de ciertos sistemas constructivos medievales, con este arte asistimos a la aparición de nuevos procesos racionales de control estructural cuya dinámica trasciende lo estrictamente tradicional y empírico. Una de las claves que separa la práctica de la cantería renacentista del mundo de la construcción medieval, la enuncia José Carlos Palacios:

> Si tuviéramos que definir una peculiaridad fundamental del arte de la cantería sería precisamente su cualidad dimensional. Las dovelas resultan ser elementos de considerables dimensiones y por ende obligan a que cada una de ellas esté perfectamente diseñada y cortada al objeto de que unas con otras encajen perfectamente. Esta cualidad dimensional... nos permitirá establecer diferencias cualitativas entre la cantería medieval y renacentista ya que el mayor o menor tamaño de la pieza que se use como dovela determina el que la obra esté conceptualmente más próxima a la albañilería que a la cantería. En tal sentido baste pensar que una reducción oportuna de las dovelas eliminaría la necesidad de su diseño previo (Palacios 2003).

Este matiz dimensional conlleva, por tanto, una importante exigencia. La construcción basada en el uso de piezas iguales de reducido tamaño (ladrillos o pequeñas dovelas) deja toda la responsabilidad de la determinación formal al ajuste dimensional del mortero y a la rigidez de la cimbra. Por el contrario, la puesta en práctica de una obra de cantería renacentista introduce la necesidad de diseñar previa e individualmente, sobre el tablero de dibujo, todos y cada uno de los sillares y dovelas a utilizar, decidiendo su tamaño y resolviendo con exactitud geométrica una serie de cortes planos tridimensionales que determinan, al tiempo, la propia lógica geométrica de ensamblaje.

Todo ello conllevará inevitablemente el desarrollo de procedimientos geométricos muy avanzados como la definición de proyecciones verticales y horizontales con líneas auxiliares y notación alfabética de puntos, la realización de giros, abatimientos y otras transformaciones delimitando los elementos geométricos instrumentales de la operación (ejes, proyecciones, etcétera), el cálculo de intersecciones planas de volúmenes definidos por sus propiedades geométricas básicas (centros, directrices, giros), o también el cálculo de intersecciones tridimensionales entre combinaciones de superficies como cilindros, conos, esferas u otras superficies más complejas como ovoides, helicoides, etcétera. Todas estas operaciones pueden interpretarse como una sistematización metodológica apta para solucionar cualquier problema particular que pueda surgir o sencillamente imaginarse.

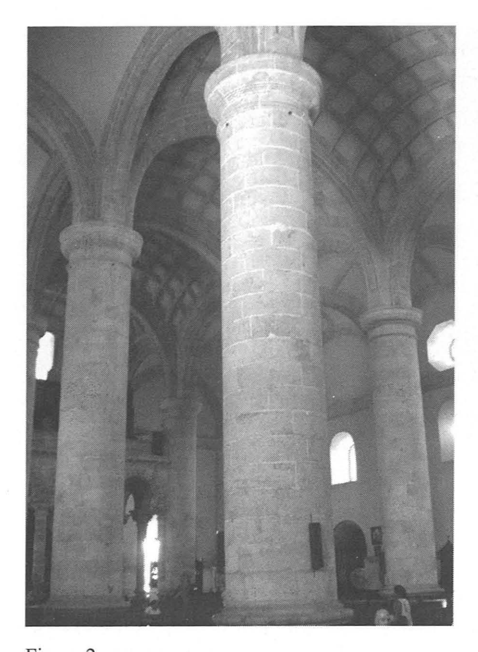
> La aspiración de la obra de cantería es la de conseguir la estabilidad mediante una macla continua de toda la fábrica... Así pues, la estereotomía desarrolla su esfuerzo investigador durante el siglo XVI en el estudio de los cálculos geométricos que le permiten acotar debidamente cada dovela, generando con ello el establecimiento de las bases de lo que hoy constituye una ciencia específica: la geometría descriptiva. (Palacios 2003, 56).

En definitiva, las bóvedas por cruceros, como ejemplo de bóvedas renacentistas, no se reducen a una serie de normas escritas, que incluyan la necesidad de mantener una cierta fidelidad a unos modelos formales, sino un sistema teórico de definiciones geométricas técnicamente avanzado, y con una casuística esencialmente abierta a la invención.

En la relación entre teoría y práctica, propiciada por la multiplicación de las técnicas aplicadas en el renacimiento español, van surgiendo las exigencias necesarias para poner en tensión y trascender los conocimientos teóricos disponibles. Esta confrontación o convergencia entre teoría y aplicación práctica es una tendencia importante en el naciente arte renacentista, de la cual parece haber existido en su momento una clara conciencia también en el ámbito novohispano, hoy México, como se puede observar en las bóvedas de la Catedral de Mérida, Yucatán, donde consta una convergencia intencionada de experiencias tan aparentemente diversas como las que rodean al control visual del espacio perspectivo, por un lado, y a la resolución de los despieces de cantería, por otro.

Piedra, orden y espacio, elementos que caracterizan algunos de los campos de investigación formal más trascendentales de este periodo de la arquitectura española y su referente en América, encuentran en esta confluencia de operaciones geométricas las condiciones óptimas para propiciar una profunda y característica reflexión visual sobre los propios fundamentos de la práctica arquitectónica.

Las construcciones geométricas del arte de la cantería reflejan las preocupaciones de un ambiente pro-



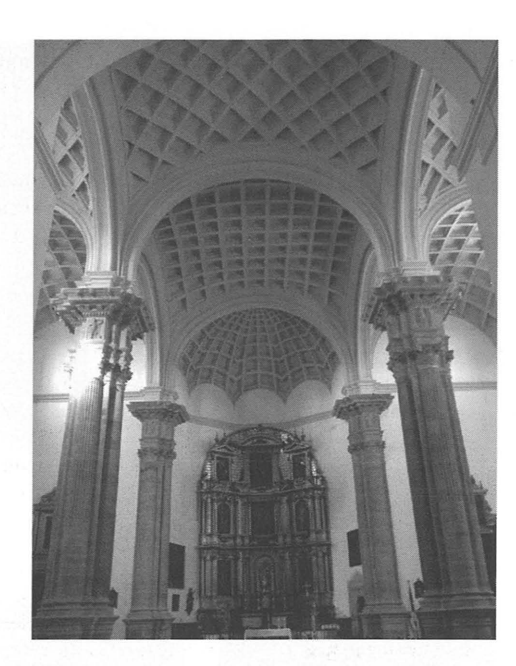


Figura 2
Interior. Catedral de Mérida, México, y Parroquia de Cazalla de la Sierra, España, respectivamente

fesional en el que se puede estar gestando, de hecho, la creación de un nuevo concepto arquitectónico del que sólo ocasionalmente ha aparecido hasta ese momento algún indicio experimental: el concepto de estructura, en nuestra actual y literal acepción contemporánea como modelo matemático-geométrico capaz de cuantificar el equilibrio estático de la construcción.

En efecto, las condiciones de estabilidad de estas construcciones de cantería se basan en la transmisión directa de empuje entre superficies en contacto, sin participación del mortero, para lo cual resulta crítica la ordenación geométrica en el espacio de dichas superficies de contacto, en función del trazado general del volumen.

Por otro lado, la cantería renacentista introduce un nuevo factor dimensional en las dovelas de carácter crítico, que multiplica impensablemente la complejidad conceptual de la práctica anterior de un despiece menudo y homogéneo. Además tiene un carácter innovador compartido en otras latitudes, como en la experiencia similar que, con pocos años de diferencia, está teniendo lugar en la arquitectura novohispana, ámbito en el que, por la confluencia de factores muy diversos, se establece de forma perenne adquiriendo un grado de ejecución de primera calidad como se observa en la siguiente fotografía.

Las bóvedas por cruceros constituyen un notable ejemplo de autonomía formal de la nervadura gótica

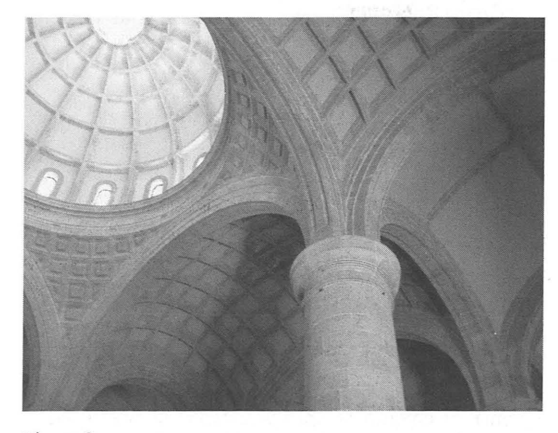
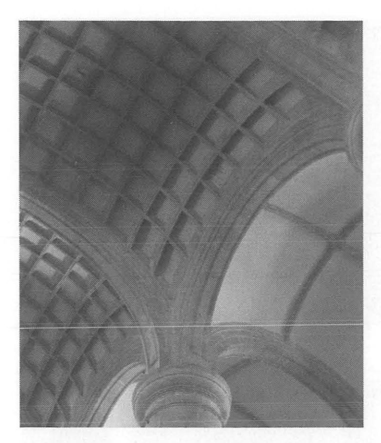


Figura 3
Estereotomía de las bóvedas de la Catedral de Mérida, Yucatán, México





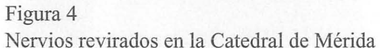
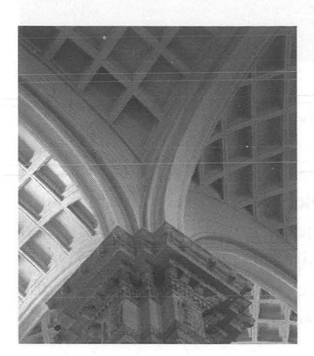


Figura 4
Nervios revirados en la Catedral de Mérida



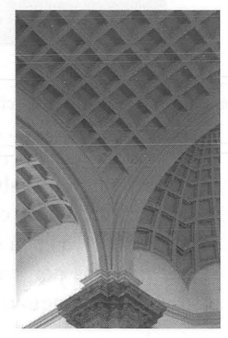


Figura 5
Nervios revirados en la Parroquia de Cazalla de la Sierra

que, sin perder sus principios constructivos medievales, es capaz de adaptar sus diseños a modelos renacentistas.

La pervivencia de las nervaduras como sistema constructivo aplicado a los modelos clásicos no puede explicarse si no es a través del virtuosismo que esta práctica alcanza en España y que transporta al otro lado del Atlántico como firme referente del papel extraordinario que estas bóvedas interpretaron en la construcción del Renacimiento español. Esta habilidad crea una tradición que sobrepasa ampliamente el periodo medieval en el que nace hasta introducirse y adaptarse a los modelos clásicos que la cultura del siglo XVI va generando.

Las nervaduras también se convierten en la vía a través de la cual se lleva a cabo el despiece del dovelaje de las bóvedas. Los cruceros cobran, como sistema de diseño, una autonomía propia a través de la cual se generan nuevos prototipos de bóvedas renacentistas extraordinariamente interesantes.

Ahora bien, al contemplar las bóvedas de estudio nos imaginamos el corte de sus nervios y podemos teorizar que van acorde con la tradición gótica, antecesora y base natural del renacimiento español, orientando sus ejes verticalmente. Se resalta que esta disposición de los nervios va provocando deformaciones en todos ellos, de forma que todos resultan ser diferentes.

Estos nervios son de los de molde revirado según Vandelvira (1591?).

Considerar este diseño frente a otros más simples obedece, en primer lugar, a la tradición medieval donde las nervaduras góticas orientan sus nervios según la vertical de la bóveda como ya he apuntado. Por otro lado, los moldes revirados presentan desventajas, ya que estos nervios pueden alcanzar considerables dimensiones.

Bien es verdad que, por efecto de la simetría, esta complicada tracería puede simplificarse considerablemente, ya que observando en sitio los ejemplos citados, toda la bóveda puede construirse con pocas claves distintas y pocos casetones diferentes, mediante un desarrollo geométrico adecuado. Así, uno tras otro, se completa la colección de los patrones de

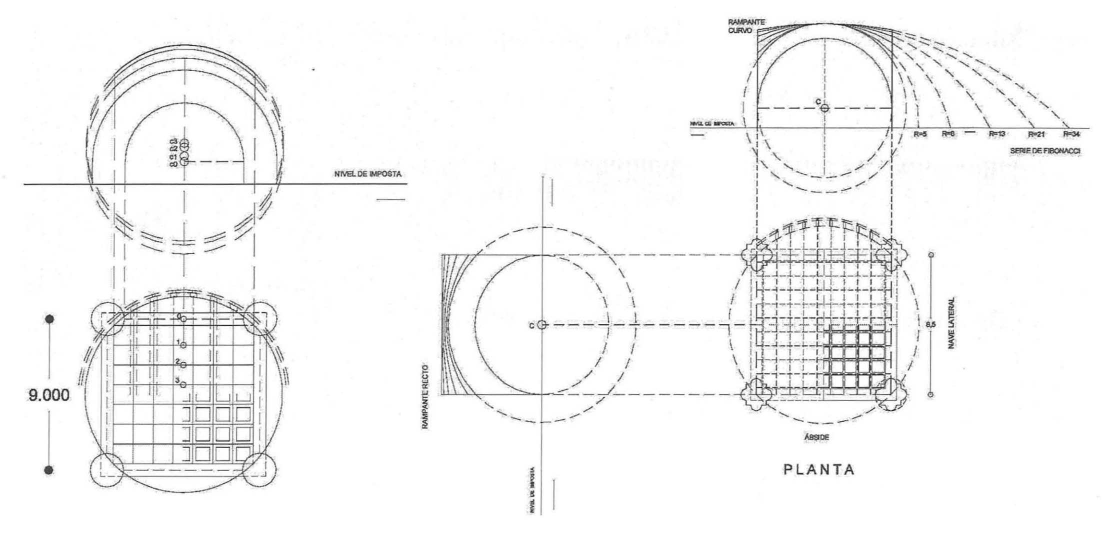


Figura 6
Planta. Bóveda mexicana y bóveda española, respectivamente

cruceros y casetones con los cuales podríamos acometer la talla de los mismos.

La atenta observación de este tipo de bóvedas parece sugerir que, en la práctica, los cruceros no se tallan con sus dos brazos completos, sino que más bien, se talla una de las direcciones cortando los otros dos brazos del crucero justo en su entronque, los cual, sin duda, facilita enormemente las cosas, ya que el cálculo geométrico de un patrón es un proceso delicado del que fácilmente se pueden derivar errores. Una simple desviación en la posición de los brazos, haría imposible el cierre de la retícula.

La siguiente figura hace referencia a esta delicada labor de labra de cruceros revirados.

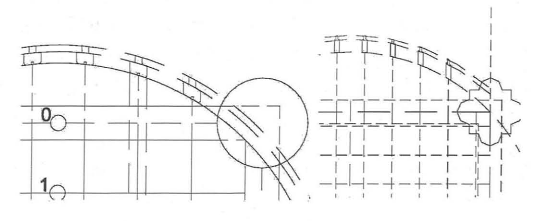
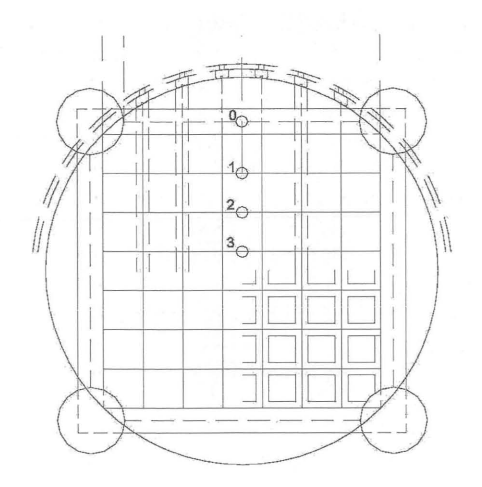


Figura 7
Detalle de los nervios revirados en la bóveda de Mérida y de Cazalla de la Sierra

Por lo anterior se puede advertir la extrema dificultad de la estereotomía de estas bóvedas por cruceros. En la bóveda de Cazalla de la Sierra de Hernán Ruiz, la dificultad de la estereotomía se debe a que cada crucero se produce por la intersección de dos circunferencias de distinto radio. Esta dificultad pudo ser soslayada en la Catedral de Mérida usando siempre los mismos arcos, es decir, que una vez determinados los arcos formeros que delimitan la bóveda se desplazó sobre ellos, en las dos direcciones, un mismo arco cuya curvatura no coincide con la de los formeros. Su movimiento describe así, una superficie en retícula que ya no es de rotación, sino que se trata de una superficie de traslación. Se trata de un recurso que permiten en gran medida simplificar y racionalizar la estereotomía de bóvedas por cruceros.

Estas superficies abovedadas describen un rampante diferente, en el caso de la bóveda por cruceros de Cazalla de la Sierra, el rampante en un sentido es llano y en el otro con una pequeña curvatura como podemos ver en los alzados antes ilustrados. Los nervios se generan por una sucesión de arcos de distinto diámetro que corresponden a 5, 8, 13, 21, 34 metros respectivamente. Estos diámetros tienen una secuencia lógica basada en las series de Fibonacci según los lineamientos formales tratadistas geométricos y matemáticos de la época.



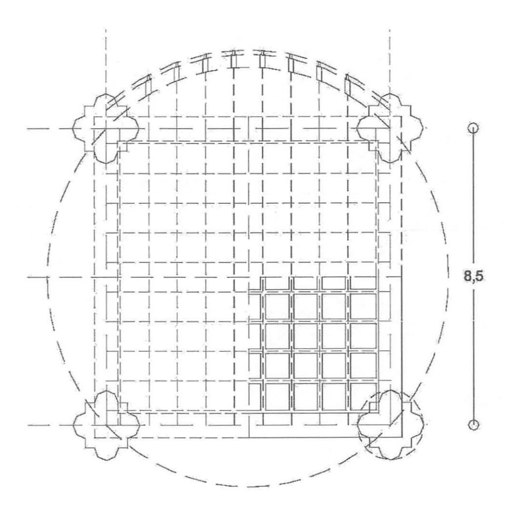


Figura 8
Detalle de la planta de la bóveda de Yucatán y de la bóveda de Sevilla respectivamente

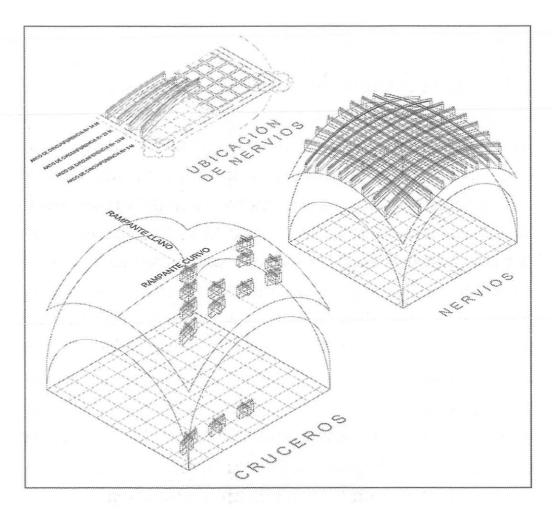


Figura 9
Bóveda. Cazalla de la Sierra, Sevilla, España

La bóveda de Mérida, tiene un rampante curvo generado por la traslación del mismo arco de circunferencia, como ya se ha mencionado. Esta circunferencia es la que circunscribe la planta de la bóveda.

Cabe mencionar que estas las bóvedas analizadas son de planta cuadrada por cruceros, esto es, que los nervios están dispuestos en el mismo sentido de los arcos formeros. Respecto a su ubicación podemos señalar que la bóveda de Mérida de Juan Miguel de Agüero se encuentra en la nave lateral de la catedral, sobre el acceso sur. La bóveda de Cazalla de la Sierra se encuentra ubicada sobre la nave central, delante del ábside. Ambas son bóvedas del siglo dieciséis, terminadas en 1598 y 156? respectivamente. El año de terminación de las bóvedas llama la atención en el sentido de que son contemporáneas apenas con 30 años de diferencia, ubicando a la bóveda mexicana dentro de la tradición de cantería andaluza de excelente ejecución trasladada a ultramar según la arquitectura imperante española. Cabe mencionar que la catedral de Mérida, México, fue la primera en ser terminada en el continente americano.

Por todo lo anterior, la simple observación de la volumetría de las bóvedas por cruceros nos sugiere una sabiduría y conocimiento de las formas estructurales que hace posible el uso de una extrema libertad en la concepción y construcción de cualquier superficie abovedada.

Conclusión

La propuesta de este trabajo de investigación pone de manifiesto el creciente interés por profundizar en el conocimiento de las técnicas de diseño y construc-

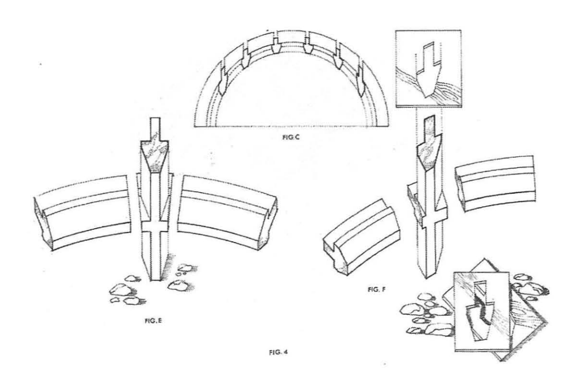


Figura 10
Talla de cruceros (Palacios 2003)

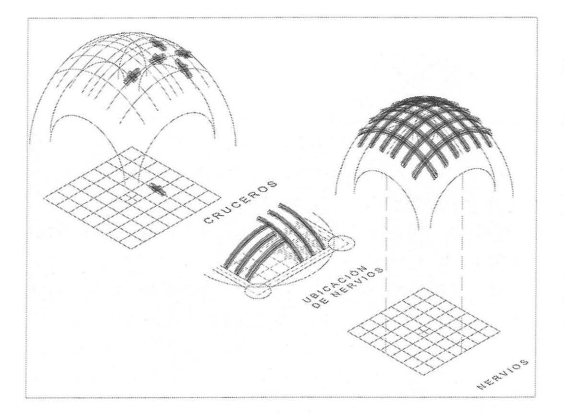


Figura 11
Bóveda de la Catedral de Mérida, México. En este ejemplo, los brazos más largos de los cruceros están tallados en ambos sentidos de la retícula sin un orden específico

ción de la antigüedad que actualmente existen en países como España y México tan afines en su historia durante el periodo virreinal en México, del siglo dieciséis al siglo dieciocho.

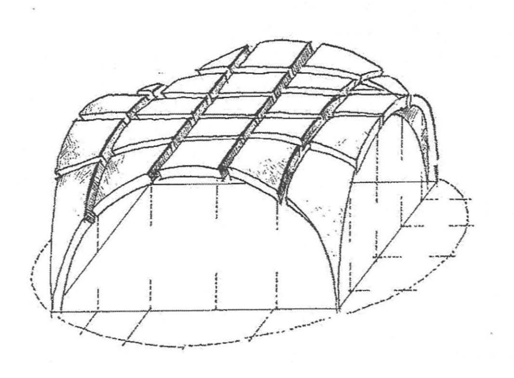
Sin el conocimiento de la construcción, como parte indisoluble de la arquitectura, toda aproximación al proceso creativo es inexplicable; es por esto que este trabajo no pretende ser un análisis puramente historiográfico de arquitectura, sino manifestar una comprensión completa de las bóvedas cuadradas por cruceros abordándolas de distintos puntos de vista del quehacer arquitectónico del Renacimiento Español, así como su traslación a otras tierras donde ha dejado una huella permanente en el modo de percibir y modificar el espacio. El estudio de este periodo y sus consecuencias en América no deja de lado el conocimiento profundo de las técnicas que lo hicieron posible, ya que solamente a través de ellas podemos comprender, en toda su extensión y profundidad, el formidable desarrollo de lo clásico en España y sus virreinatos.

Lista de referencias

Ampliato, A. 1996. *Muro, orden y espacio en la arquitectura del Renacimiento Andaluz.* Sevilla: Universidad de Sevilla, Consejería de Obras públicas y Transportes.

Arquitectura de Renacimiento en Andalucía. 1992. *Andrés de Vandelvira y su época.* Catálogo de la exposición realizada en la Catedral de Jaén. España: Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía.

Barbé-Coqueline de Lisle. 1976. *Tratado de arquitectura de Alonso de Vandelvira.* España: Diputación provincial de Albacete.



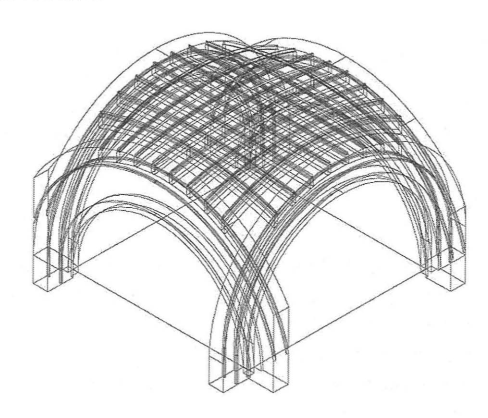
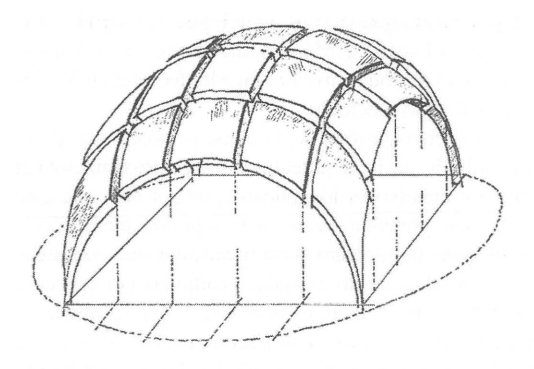


Figura 12
Carcasa de la bóveda de Cazalla de la Sierra. Rampante llano sólo en un sentido



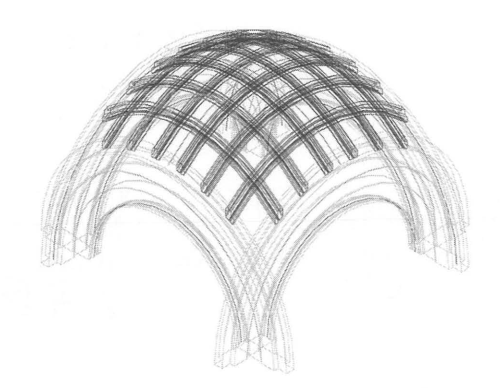
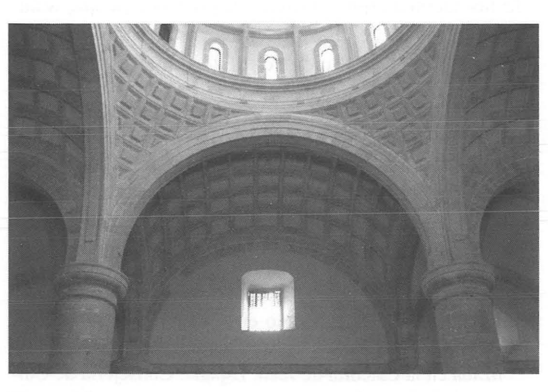


Figura 13
Carcasa de la bóveda de Mérida, Yucatán. Superficie de traslación



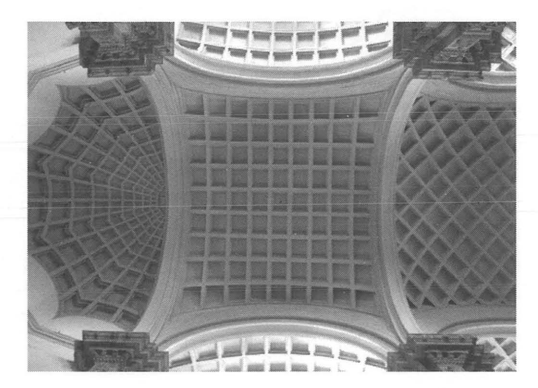


Figura 14
Bóveda lateral de estudio en la Catedral de San Ildefonso en México, y bóveda central de la Parroquia de Nuestra Señora de la Consolación en España, respectivamente

Barbé-Coquellin de Lisle, G. [1661] 1981. *Noticias del Breve Tratado de todo género de bóvedas*. Madrid: Albatros Ediciones.

Becerra Jiménez, C. 2007. *Convergencias y divergencias. México y Andalucía: siglos XVI-XIX*. México: Universidad de Guadalajara, El Colegio de Michoacán.

Benévolo, L. 1972. *Historia de la arquitectura del Renacimiento*. Madrid: Taurus.

Bretos, M. 2000. *Iglesias de Yucatán*. México: Fondo de Cultura Económica.

Camacho Cardona; M. 2001. *Diccionario de Arquitectura y Urbanismo*. México: Editorial Trillas.

Chueca Goitia, F. 1953. *Arquitectura del siglo XVI*. Madrid: Ars Hispaniae, Plus Ultra.

Erlande-Brandenburg, A. 2005. *The cathedral builders of middle ages*. Londres: Thames and Hudson.

Frankl, P. 2002. *Arquitectura gótica*. Madrid: Grupo Anaya.

Palacios Gonzalo, J. 1998. *Apuntes del curso Las grandes bóvedas hispanas*. Madrid: Ministerio de Fomento.

Palacios, J. 2003. *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*. España: Editorial Munilla-Lería.

Panofsky, E. 1986. *Arquitectura gótica y pensamiento escolástico*. Madrid: Ediciones de la Piqueta.

Rabasa Díaz, E. 2000. *Forma y construcción en piedra. De la cantería medieval a la estereotomía del siglo XIX*. Madrid: Akal.

Vandelvira, A. 1591?. *Libro de trazas de cortes de piedra compuesto por... arquitecto, maestro de cantería, componese de todo género de cortes, diferencias de capillas, escaleras de caracoles, templos y otras dificultades más curiosas*. Biblioteca de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.

La construcción del ferrocarril mexicano (1837–1873). Arte e ingeniería

Dirk Bühler

Cuando el Presidente de México, Sebastián Lerdo de Tejada (1823–1889) inaugura el 1 de enero de 1873 el Ferrocarril Mexicano que conecta la Ciudad de México con el puerto de Veracruz a través de un recorrido de 423,7 kilómetros no solo se habían superado cuantiosas dificultades económicas, políticas y sociales que obstaculizaban la realización del proyecto durante los 36 años pasados sino que se habían resuelto sobre todo enormes problemas topográficos, técnicos y de ingeniería civil, creando un recorrido de superlativos. Tan solo en el tramo entre San Andrés Chalchicomula en el altiplano y Veracruz en la orilla del mar, un trayecto de 203 kilómetros de largo con 23 estaciones, fue necesario construir 39 puentes y 16 túneles, incluyendo los 66 kilómetros[1] más difíciles entre Fortín y Esperanza que salvan 1.444 metros de altura bajo condiciones topográficas extremas. La literatura coetánea (Baz y Gallo 1874 y García Cubas 1877) no deja completamente al lado la tecnología del ferrocarril y sus instalaciones, pero hace énfasis sobre todo en la descripción de recursos y bellezas naturales y en la promoción de posibilida-

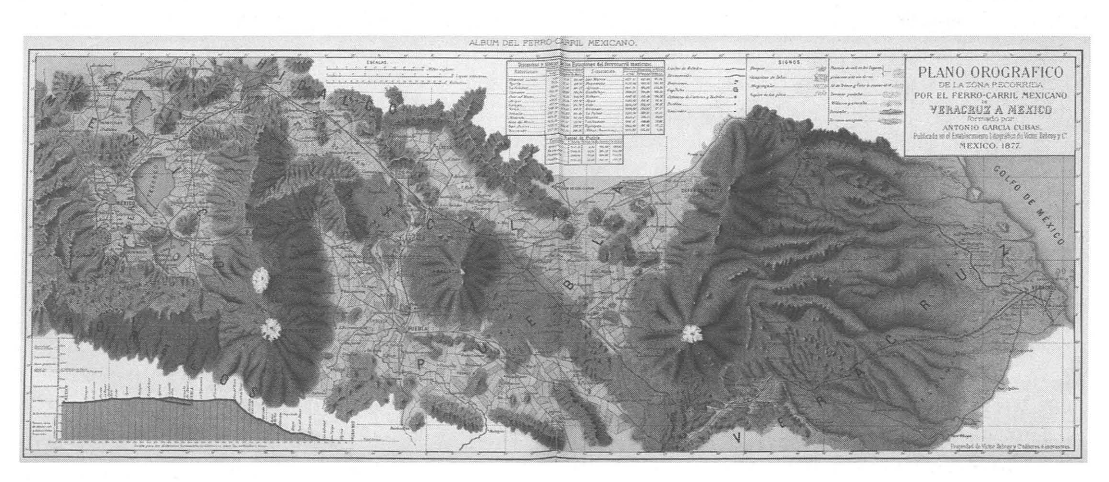


Figura 1
Mapa de México con el recorrido del Ferrocarril Mexicano [2]

des para el desarrollo económico. Estudios posteriores sobre el ferrocarril en México han abocado mayoritariamente aspectos políticos, económicos y sociales, enfatizando el movimiento ferrocarrilero. Hoy, cuando la naturaleza poco a poco esta recuperando su primacía sobre las instalaciones que fueron abandonadas desde hace 26 años hay que emprender una nueva valorización bajo aspectos constructivos, estructurales, de diseño y por ende de conservación. En este estudio que se basa en la literatura contemporánea y en documentos disponibles en el Archivo Nacional del Ferrocarril en Puebla (México), se presenta un avance de trabajo que enfoca por primera vez los aspectos de historia constructiva y refleja los desafíos que tenían que enfrentar los ingenieros y constructoras que intervinieron y las soluciones que hallaron en las distintas etapas de construcción y de operación de este monumento histórico de la construcción antes de que caiga en el olvido.

Las pautas de construcción

Con el otorgamiento de la primera concesión para la construcción de un Ferrocarril entre la Ciudad de Veracruz y la Capital de México a Francisco Arrillaga el 22 de agosto de 1837, se inicia la planeación de una de las primeras líneas grandes de ferrocarril en América (Chapman 1975, 22). En los Estados Unidos se había inaugurado en 1830 la primera línea del Ferrocarril del continente por la *Baltimore and Ohio Rail Road Company* y tan solo unos años más tarde estaba por terminarse la primera línea latinoamericana en la isla de Cuba entre La Habana y Güines cuya primera parte fue inaugurada unos meses después[3] del establecimiento del Ferrocarril Mexicano.

A pesar de que se promueve ampliamente el proyecto, problemas políticos, económicos y financieros impiden su realización inmediata. Entre los años de 1837 y 1851 se construyen tan solo 11,5 km de vía y el gobierno mexicano se limita mas que nada a otorgar concesiones de construcción a posibles inversionistas, donde pronto interviene la adinerada familia Escandón, que será finalmente la principal promotora del Ferrocarril Mexicano. También la búsqueda de un camino tanto topográficamente como económicamente aceptable entre el Puerto de Veracruz y el Altiplano desalentó el proyecto durante los primeros años.

El primer concesionario Arrillaga buscó personalmente, apoyado por un ingeniero civil, un trayecto para el ferrocarril cuyo pendiente no pasaba de los 4% (Chapman 1975, 24). Ellos examinaron y favorecieron un camino hasta entonces inexplorado por terrenos poco poblados con el resultado de que su proyecto se frustró por su deficiente factibilidad y rentabilidad.

El 31 de mayo de 1842 se otorga una segunda concesión por el entonces Presidente y General Santa Ana favoreciendo el trayecto Perote-Jalapa-Veracruz porque el camino parecía topográficamente viable y el General tenía ranchos y haciendas cerca de la ruta prevista. La concesión estipulaba el alquiler de unas haciendas del General y el derecho a explotar los depósitos naturales de materiales de construcción (Chapman 1975, 28). Las obras para el ferrocarril de una sola vía se iniciaron el 30 de noviembre de 1842 en el Puerto de Veracruz basándose en un levantamiento topográfico de la ruta del Ingeniero José Faure.[4] Muchos de los técnicos contratados para la obra provenían de Bélgica[5] y también la primera generación de locomotoras se ordenó en aquel país. Junto con los recursos humanos, técnicos y materiales de Bélgica se adaptó también la anchura de la vía con 1,435 metros, una vía ancha, llamada «normal» que los belgas habían adoptado a su vez de Robert Stephenson quién lo empleaba en sus construcciones en Gran Bretaña y una medida que más tarde se empleara también mayoritariamente en México. A pesar de los derechos de explotación otorgados, la mayoría de los materiales de construcción eran de importación: de tal manera —y para dar tan solo unos ejemplos— una cuarta parte del material empleado provenía de Gran Bretaña (Chapman 1975, 31) y la madera de ciprés para las traviesas se compró en Luisiana.

Este primer empuje de construcción permitió que el día 15 de septiembre de 1850 se pudo inaugurar, después de 12 años de esfuerzo, el primer tramo de 11,5 km de vías del Ferrocarril Mexicano entre el Puerto de Veracruz y El Molino (Chapman 1975, 32).

En septiembre de 1851 el proyecto recibió nuevos impulsos después de haber pasado oficialmente a manos del Ministerio de Relaciones (Chapman 1975, 37). El 31 de octubre de 1853 Santa Ana, nuevamente presidente, había otorgado una nueva concesión al británico John Laurie Rickards. Debido a la importancia que le dio Santa Ana a la promoción del ferro-

carril a partir de diciembre de 1853 (Chapman 1975, 44), los trabajos en México y los pedidos de material a Bélgica se reanudaron finalmente en 1854. En diciembre de 1854 ya se vieron los primeros resultados al inaugurarse el servicio de ferrocarril entre El Molino y Tejería.

En 1855 se les otorgó por otra parte una concesión a los hermanos Mosso (Chapman 1975, 46–47) quienes empezaron a construir la ruta entre la Ciudad de México y la Villa de Guadalupe. Como el material traído de Bélgica padecía de muchos defectos, compraron por primera vez locomotoras y materiales de construcción en los Estados Unidos y contrataron además a un ingeniero norteamericano: Robert S. Gorsuch (Chapman 1975, 49–50). Un reporte del ingeniero, publicado en 1881 (Chapman 1975, 48), nos informa que en enero del año 1856 las estaciones y el lecho para el carril estaba listo para recibir los raíles. Este trayecto de 5 km entre la Capital y la Villa de Guadalupe se terminó —al fin bajo la dirección de los hermanos Escandón— con la inauguración el 4 de julio de de 1857, el día de la independencia de los Estados Unidos, una cortesía hacia los colaboradores norteamericanos (Garma 1985, 18). Puesto que la importancia del transporte de carga era casi nula, el tramo entró en servicio solo para pasajeros. Como también ellos eran escasos entre semana, el tren se usó primordialmente para irse de paseo los domingos y días festivos (Chapman 1975, 56–57).

En el otro extremo del trayecto se seguía prolongando la vía partiendo de Veracruz mas adelante de Tejería hasta casi llegar a San Juan. Estos trabajos se realizaron bajo la dirección del ingeniero Santiago Méndez, quién desde 1854 (Garma 1985, 12) estaba a cargo de la construcción de esta línea (Chapman 1975, 15 y 62). En septiembre de 1857 había un total de 25,67 km en operación (Chapman 1975, 50). Como a los hermanos Mosso les faltaba el capital necesario para seguir adelante, la familia Escandón —cuyo nombre de ahora en adelante se relacionará íntimamente con la historia del ferrocarril mexicano— entró al negocio (Chapman 1975, 52). Los hermanos Escandón, Manuel y Antonio, ya habían instalado el primer servicio regular de carruajes de pasajeros entre Veracruz y la Capital en 1830 (Chapman 1975, 53) y estaban conscientes de los obstáculos que había que enfrentar (Chapman 1975, 56). Ellos vieron el propósito principal del ferrocarril, como lo expresan panfletos editados en 1833 en Nueva York o 1851 en Bélgica, en el fomento del transporte de carga y se prometieron un impulso para la agricultura mexicana y la economía nacional (Chapman 1975, 12–15).

A partir de su viaje a Estados Unidos en noviembre de 1857 Antonio Escandón fijará su atención cada vez menos hacia Europa, orientándose mucho más hacia inversionistas, ingenieros y material de construcción norteamericano. Su principal logro fue poder contratar en Washington al famoso ingeniero y topógrafo Andrew Talcott (1797–1890)[6] (Chapman 1975, 65–73) para su empresa. Algunos años mas tarde encontraremos también a sus hijos Charles, Richard, George y T. M. R. involucrados en el proyecto de ferrocarril. Charles G. Talcott, ingeniero como sus hermanos y contratado por los Escandón entre 1865 y 1867 escribe unas cartas de suma importancia a sus amigos en estados Unidos como veremos. Andrew Talcott y su equipo de 40 ingenieros (Garma 1985, 27)[7] llegaron el día 4 de enero de 1858 a Veracruz, procedentes de Nueva Orleáns. Talcott y sus tres asistentes realizaron el levantamiento topográfico completo de la ruta México-Veracruz por Córdoba y Orizaba, ruta preferida por los Escandón. La ruta por Jalapa y Perote explorada paralelamente por Pascual Almazán y su hijo Aurelio, favorecida por el General Santa Ana queda descartada después de un reconocimiento posterior de E. M. Richards, uno de los asistentes de Talcott (Low 1916, 1551). El 9 de junio de 1858 estaba terminado el trabajo topográfico, proponiendo una pendiente máxima de 4.6 % en los tramos más difíciles (Chapman 1975, 72) y unas propuestas viables para los pasos de ríos mas atrevidos.

En 1861 se firma un nuevo acuerdo entre los Escandón, los acreedores y el gobierno que exigía que la Compañía terminara además el tramo «ramal» México-Puebla en el plazo de cinco años (Chapman 1975, 80–82) una modalidad de la que se quejó el ayuntamiento de Veracruz porque temía quedarse atrás en el desarrollo económico. A pesar de las dificultades entre los financieros, el 7 de junio de 1861 se reanudaron los trabajos que se deberían terminar en un plazo de cinco años, exceptuando el puente de Metlac (Chapman 1975, 84–85), la obra más exigente del proyecto.

Pero es sobre todo durante la invasión francesa a partir del año 1863 cuando se forzó más la construcción del camino hasta Paso del Macho por las exigencias de los invasores (Chapman 1975, 88–92).

Así que el día 15 de agosto de 1863 se pudo inaugurar el tramo hasta La Soledad. En enero de 1864 el ejército francés impuso Charles de Sansac con un equipo de ingenieros franceses para que controlara la construcción. Paralelamente el recién llegado Andrew Talcott asume la dirección de la obra: él radicaba de nuevo en México tras una estancia poco exitosa en los Estados Unidos. A pesar de la situación tensa entre los dos directores, ambos, Talcott y de Sansac, participaron juntos en la inauguración del Puente de La Soledad el 3 de mayo de 1864. El 16 de octubre de 1864 se pusieron oficialmente en servicio los 62 km de Ferrocarril entre el Puerto de Veracruz y Camarón (Chapman 1975, 96). Durante esta época se logró un avance considerable en la construcción del ferrocarril, pero había que vencer cuantiosas dificultades: a principios de 1865 se descarriló cerca de Purga una locomotora y destruyó un puente (Chapman 1975, 111) completo, en agosto de 1865 la Compañía tuvo que defenderse de un proyecto que iba instalar una vía paralela jalada por animales (Chapman 1975, 115) y había que desplegar tropas a lo largo de la ruta para protegerla de los asaltos frecuentes (Chapman 1975, 116). Las rebeliones contra los ingenieros extranjeros culminaron en noviembre de 1865 con un enfrentamiento en Maltrata que dejó un muerto (Chapman 1975, 117). A fines de 1865 la empresa contabilizó sus esfuerzos así: empleaba 9.535 personas, de los cuales 7.233 eran obreros (Chapman 1975, 118), tenía 82,07 km de vía ya terminadas, 262,64 bajo construcción y 130,24 más estaban planeadas, contaba con 11 locomotoras y 109 vagones.

Para el emperador Maximiliano I, residiendo aún en Miramar el proyecto tenía gran importancia de tal manera que ya a finales del año de 1863 se puso en contacto con los Escandón, que estaban en Londres. En una de sus cartas opina que «Sin ferrocarril de México a Veracruz la ciudad de México no será una verdadera capital» (Chapman 1975, 86–87). Durante su Imperio la concesión pasó a manos de la Compañía Limitada de Ferrocarril Imperial Mexicano y se terminaron de construir hasta junio de 1867 los tramos hasta Paso del Macho de 76 km y el tramo de la Villa de Guadalupe se podía prolongar hasta Apizaco, llegando a 139 km en total. Además se habían adelantado los trabajos en terraplenes por ambos extremos.

Ahora vale la pena reclamar también la atención sobre el desarrollo del ferrocarril en el país vecino del norte. En los años de 1860, poco antes de que estallara la guerra civil (1861–1865) en los Estados Unidos una red ferroviaria de 49.287 km comunicaba aquel país. Situados 35.064 km en el territorio de la Unión y 14.223 km en el de la Confederación (Depew 1895, 111). Por los grandes conflictos y tensiones de la posguerra no sorprende que muchos de los ingenieros civiles, muchos de ellos empleados en la construcción del ferrocarril, dieran la espalda a su patria en los derrotados estados sureños y buscasen empleo y un futuro más prometedor en México. Se conservan unas cartas de ingenieros[8] de los estados confederados que fueron contratados por los Escandón en 1865 que nos hablan de las circunstancias de sus vidas y de las obras que realizaron contribuyendo con sus experiencias para el ferrocarril mexicano. Parece que eran muchos de ellos que buscaban empleo en México porque Charles Talcott escribe que no puede responder a todas las solicitudes positivamente porque no hay bastantes puestos de trabajo.

Después del retiro de las tropas francesas, el fusilamiento del Emperador y la restauración de la República por Benito Juárez en 1867, los trabajos siguen lentamente, obstruidos por un sinnúmero de nuevos problemas (Garma 1985, 42). Todavía antes de que se renovara la concesión el 27 de noviembre de 1867 que se actualiza 1 de octubre de 1868 para poder seguir trabajando en los trayectos, Andrew Talcott se vio obligado a regresar a Nueva York el 23 de febrero de 1867 (Low 1916, 1608) y fue remplazado por el Ingeniero William Cross Buchanan como director de la empresa (Garma 1985, 40). A pesar de todo el 1 de junio de 1869 se puede inaugurar el tramo Apizaco-Santa Ana Chiautempan. El 9 de septiembre de 1869 se prolonga el ramal hacia Puebla (Chapman 1975, 135–140) que fue inaugurado el día 16 de septiembre por Benito Juárez. Tan solo a partir de 1870 se intensifican y finalmente se terminan los trabajos: el 15 de enero de 1871 se pudo inaugurar el tramo entre Paso del Macho y Atoyac con sus tres puentes grandes y un sinnúmero de alcantarillas, y el 22 agosto de 1871 siguió el tramo entre Atoyac y Fortín, mientras que los 40 km faltantes entre Orizaba y Boca del Monte que salvan 1.178 m de altura —el tramo más difícil de la ruta— se concluyen el 29 de diciembre de 1872. El 1 de enero de 1873 el Presidente Sebastián Lerdo de Tejada inaugura en la estación de Buenavista de la Ciudad de México el Ferrocarril Mexicano ahora completado. Entonces contaba

con 28 Locomotoras y 377 vagones de carga y de pasajeros (Chapman 1975, 57 y 71).[9]

Si esta descripción deja la impresión de que eran principalmente ingenieros de Bélgica, de los Estados Unidos y de Gran Bretaña quienes intervinieron en la construcción del ferrocarril mexicano hay que admitir que esta ponderación se debe por un lado al material disponible para la elaboración de este artículo, pero del otro lado hay que subrayar que los Escandón realmente compraron —para usar esta expresión moderna— la tecnología necesaria en el extranjero donde se había desarrollado el ferrocarril y donde la tecnología —ya desde sus principios globalizada— era económica y accesible. Pero también hubo un número considerable de ingenieros mexicanos que participaron en la construcción y cuyas vidas, su formación y sus aportaciones técnicas valdrían la pena de ser investigadas más de cerca en un futuro. Santiago Méndez, Pascual Almazán, Lorenzo Pérez Castro y Joaquín Gallo (Chapman 1975, 190–191) son nombres de ingenieros mexicanos íntimamente relacionados con el desarrollo del ferrocarril mexicano.

En 1875 se terminó también la vía férrea alternativa entre Veracruz y Jalapa, con trenes movidos por animales: los «trenes de mulitas». Trenes como éstos daban servicio urbano en México y Veracruz desde 1869. En los años siguientes se terminan los ferrocarriles entre México y Toluca, Guapinole y Córdoba, Mérida y Progreso de tal manera que México contaba en 1877 con una red de 684,40 km de ferrocarril, en 1901 eran ya 14.319,65 y en 1910, en el Centenario, México tenía 18.724,00 km de vías bajo jurisdicción federal (AAVV 1987). Así que al terminar el gobierno de Porfirio Díaz, México tenía una red ferrocarrilera de casi 20.000 km, con diferentes anchos de carril, donde se usaban máquinas de vapor.

Durante su historia más de centenaria el Ferrocarril Mexicano, como todos los organismos vivos, estaba sujeto a reformas y modernizaciones constantes: las exigencias del progreso y de la operación impusieron las pautas de desarrollo. Aparte del mantenimiento que se le daba oportunamente a la red de ferrocarril que exigía recambios constantes de elementos constructivos, las reformas más importantes eran: la sustitución de la mayoría de los puentes pegados a los taludes de los valles por muros de contención, el revestimiento de los caballetes de hierro con mampostería en los puentes restantes donde se aplicó además un cambio de vigas en los años de 1903, 1908 y 1910. Estos puentes se conservan en buen estado hasta la fecha y sobrevivieron hasta la revolución donde se había destruido el 40% de los puentes ferrocarrileros (Schael 1998, 33).

Otro paso importante fue la electrificación del trayecto entre Paso del Macho y Esperanza que se realizara a partir de 1922. Este recorrido tiene a lo largo de 103 km pendientes prácticamente constantes entre 2,50% hasta de 4,10%. Los trenes equipados con dos locomotoras Fairlie alcanzaron en un promedio una velocidad de 10,7 km/h en este recorrido y se esperaba un aumento del 25% por la electrificación y las nuevas máquinas (Garma 1985, 100). Los trabajos se emprendieron —después de estudios previos— todavía en 1922 de tal manera que el 6 de octubre de 1924 se pudo inaugurar el primer tramo entre Orizaba y Esperanza, el siguiente hasta Paso del Macho se puso en operación en mayo de 1928. La electricidad necesaria fue surtida por la cercana presa de Tuxpango. Para el suministro de energía eléctrica se firmó un contrato con la «Puebla Light and Power Company» (Garma 1985, 101).

La —hasta ahora— última modificación decisiva fue la rectificación y reforma del trazo más difícil entre Esperanza y La Soledad a lo largo de 138 km en los años de 1980 al 1988 (Schael 1998, 85), dejando abandonados los tramos entre Boca del Monte y El Encinar (32 km), entre Sumidero y Fortín (7 km) y entre Potrero y Paso del Macho (15 km). Con esta modernización el entonces Presidente Miguel de la Madrid (AAVV: Los Ferrocarriles 1987) logra a partir de 1983 un mejoramiento en el servicio ferroviario que de ahora en adelante queda limitado al transporte de carga. Entre las medidas, que de nuevo marcan superlativos, destacan: La construcción del nuevo puente de Metlac (1984–1985), del túnel «El Mexicano», con 3 km de longitud el más largo de América Latina (Schael 1998, 85) y el viaducto-túnel escénico «Pensil» (1986) de 120 m de longitud.

En los trayectos abandonados se conservan todavía las estaciones y los edificios de servicio, algunos conservados y ocupados por usos nuevos, otros deteriorados en mayor o menor medida. Los caminos originales se aprecian desde lejos por su falta de vegetación y se conservan como senderos, algunos todavía con traviesas, raíles,[10] agujas y señales. Lo mas impresionante son —aparte de un paisaje incomparablemente bello— sobre todo los puentes y túneles.

Un recorrido por las vías en operación revela que aún se conservan todas las estaciones antiguas, muchas de ellas en desuso y deterioradas. Los puentes se encuentran prácticamente todos, algunos con refuerzos estructurales, otros remplazados por completo.

Los puentes

En el trayecto mas impresionante del Ferrocarril Mexicano entre la orilla del mar y el altiplano con 203 kilómetros de longitud se construyeron además de las 23 estaciones originales, 39 puentes y 16 túneles bajo condiciones que requerían soluciones audaces en un paisaje difícil de dominar pero a la vez —único consuelo para los constructores— de una belleza natural excepcional. Ambas características, la audacia de las construcciones como lo pintoresco del paisaje han inspirado artistas y pintores a realizar obras no menos destacadas que las de los ingenieros.

Como las obras de ingeniería se quedan cortas en la literatura se consultaron sobre todo los documentos conservados en el archivo del ferrocarril en Puebla, donde se hallan 21 planos de puentes, un inventario escrito de puentes que se hizo en 1876 y un levantamiento topográfico de la ruta, actualizado en el año de 1903. Una evaluación de este material permite estudiar más de cerca las características principales de los puentes originales y actuales. Prácticamente todos los documentos dibujados y escritos emplean el sistema de medidas imperial/angloamericano.[11] Parece que este sistema se usó tan consecuentemente que no se reportan dificultades con otros sistemas de medida que se usaron paralelamente para otras obras y objetos. Lo que sí llama mucho la atención es el hecho de que muchas medidas de longitud varían —independientemente del sistema de medidas— entre los planos y de un documento al otro con un margen de 5 al 10% de diferencia.

Además es de gran utilidad para el estudio el legado de los ingenieros mexicanos y norteamericanos que diseñaron a partir de 1863 este trayecto, el más difícil del ferrocarril mexicano porque ellos discutieron sus ideas naturalmente entre ellos mismos, manifestando sus ideas en cartas, diarios e informes. Asimismo había un intercambio intenso con expertos europeos primero con los de Bélgica, mas tarde sobre todo con los de Gran Bretaña y —durante la ocupación francesa también— de Francia. Para sus proyectos los ingenieros disponían de una literatura contemporánea bastante extensa, cuya utilidad se refleja en sus obras. Chapman (Chapman 1975, 189) encontró un documento indicando que en el año 1856 el Ingeniero Santiago Méndez, en ésta época a cargo del proyecto, tenía sobre todo libros de ingeniería francesa en su Biblioteca. Pero fue en Gran Bretaña donde se publicaban las obras más destacadas sobre puentes de hierro para el ferrocarril.

Los contactos de Andrew Talcott con el Ingeniero británico Fairbairn y las cartas de Charles Talcott confirman, junto con las evidencias físicas, que los ingenieros de los 1860as usaban mas bien libros de Inglaterra para prepararse para su gran tarea. Sobre todo el contacto entre Andrew Talcott y Sir William Fairbairn (1789–1874) nos puede aclarar los vínculos que había entre los técnicos. Fairbairn, el famoso ingeniero escocés no sólo había escrito libros básicos sobre diseño estructural en hierro sino también era el ingeniero responsable de la construcción de los puentes tubulares de «Britannia» (1846–1850) y de «Conway-Castle» (1849) en Gales junto con el más conocido Robert Stephenson. El contacto de Talcott con Fairbairn seguramente no se limitó tan solo a la consulta sino se extendió sobre sus libros que en los años 1850s eran famosos —y traducidos— en todo el mundo. Fairbairn había publicado primero sus experiencias con los puentes tubulares que construyó y más tarde se dedicó a la promoción de elementos de hierro fundido y forjado para todo tipo de construcciones. Para los apoyos de los puentes (y de edificios) propone construcciones a base de tubos de hierro fundido, que sirven muy bien para elementos sujetos únicamente a compresión. Aparte estudia especialmente el uso del hierro forjado en la construcción de vigas. En uno de sus libros (Fairbairn 1859, 50–51) que fue publicado en una traducción al alemán en 1859 compara la utilidad y economía del hierro forjado con respecto al fundido y le da la preferencia al primero para la construcción de vigas. Además propone métodos de cálculo estructural para el tipo de vigas que más tarde se usarán en los puentes del ferrocarril mexicano. En otro libro sobre puentes y vigas de hierro fundido y de hierro forjado de William Humber profusamente ilustrado y publicado en Londres en 1857 aparece —tan solo uno de muchos ejemplos— el diseño de un puente ferrocarrilero sobre el río Stour Humber 1857, tabla 20), donde se emplean las mismas vigas en cuestión.

51

also $\frac{k}{K} = \frac{0{,}17}{0{,}18} = 0{,}95$ und $\frac{N}{K} = \frac{1{,}6}{0{,}18} = \text{rot. } 9$

so wird nach Tabelle 21ᵇ die zulässige Grenze von $G = 146{,}8^{kg}$ (als Mittel von 142,0 und 151,5) gefunden; daher ist der einfache Träger billiger.

Vergleich der Kosten gewalzter und genieteter Blech-Träger von gleicher Tragfähigkeit.

Steigt die Spannweite oder die Belastung eines Trägers (also die Gröfse des Biegungsmomentes) über eine gewisse Grenze, so kann ein genieteter Träger billiger sein als ein gewalzter, da dieser in seiner Höhe beschränkt ist und in der Regel eine überflüssige Stegdicke, mit Rücksicht auf die Herstellbarkeit durch Walzen, erhalten muss. Bei einem Vergleich ist natürlich besondere Rücksicht zu nehmen auf die höheren Einheitspreise für genietete Träger und auf die Verluste, welche durch die Nietung im Querprofil des Trägers entstehen.

Fig. 40.

Nach der in Fig. 40 skizzirten gewöhnlichen Querschnittsform werden 4 Winkeleisen mit horizontalen Gurtungsplatten und mit einer vertikal stehenden Blechwand zusammengenietet; wobei man zur Vermeidung einer zu grofsen Schwächung des Profils die Nieten der Gurtungen und der Blechwand gegen einander versetzt.

Zur Ersparung an Material lässt man wohl nach den Auflagern hin das Querprofil durch Fortlassen von Gurtungsplatten oder durch Verringerung der Trägerhöhe (entsprechend der Abnahme des Biegungsmomentes) kleiner werden. Wir wollen diese günstige Gewichtsverringerung genieteter Träger ebenfalls bei dem folgenden Vergleiche berücksichtigen. Es sei nun für den genieteten Träger:

f_1 der halbe ausgeführte Träger-Querschnitt;

f der halbe, auf gleiche Maximalspannung reduzirte Querschnitt (beide in □ᶜᵐ);

$n\, l_1 = h_1$ die volle Trägerhöhe in Centimeter eines l_1ᶜᵐ langen Trägers;

W_1 das Widerstandmoment des geschwächten Querschnittes,

so ist, wenn noch h den Abstand der Schwerpunkte der beiden halben reduzirten Querschnittsflächen bedeutet:

(73) $$f\,h = W_1$$

Setzen wir

(74) $$f\,h = m\,f_1\,h_1 = m\,f_1\,n\,l_1; \text{ oder}$$

(75) $$W_1 = m\,f_1\,n\,l_1; \text{ so ist}$$

(76) $$f_1 = \frac{W_1}{m\,n\,l_1}$$

Das Gewicht des Trägers pro 1ᵐ Länge beträgt in Kilogramm (da 100ᶜᶜᵐ Walzeisen 0,78ᵏᵍ wiegen),

(77) $$G_1 = 2\,f_1 \,.\, 0{,}78 = 1{,}56\,f_1 \text{ oder}$$

(78) $$G_1 = \frac{1{,}56\;W_1}{m\,n\,l_1}$$

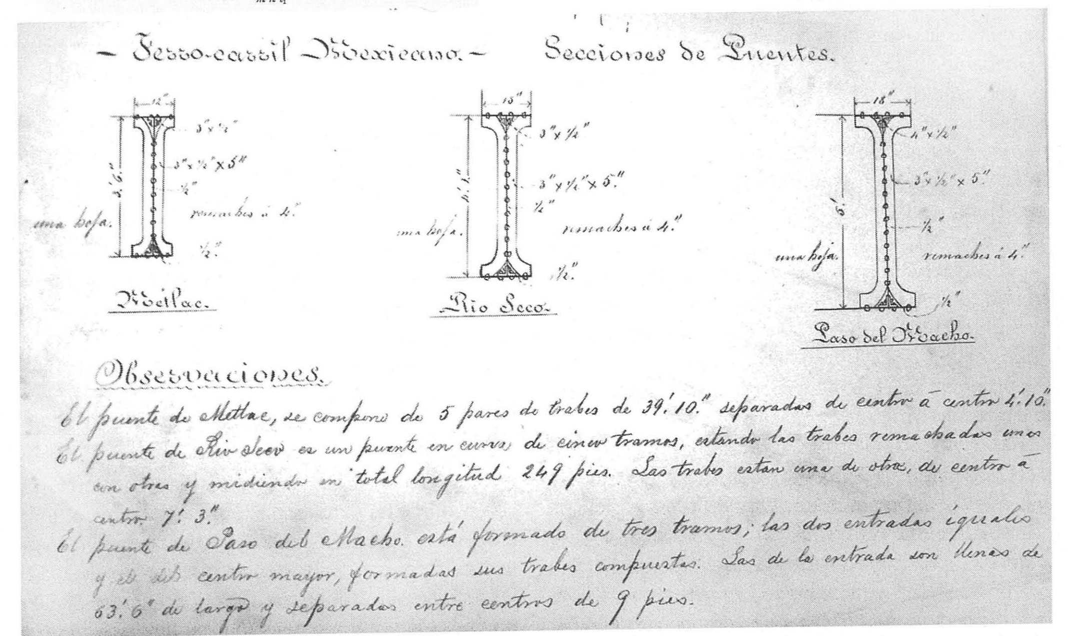
Zweiter Abschnitt.

Ueber schmiedeeiserne Träger.

Schmiedeeiserne Träger sind noch neueren Ursprungs als gusseiserne und in Folge dessen immer noch nicht so allgemein im Gebrauche, als sie es verdienen; erst in neuester Zeit haben sie sich Bahn gebrochen, finden jedoch nun auch um so schnellere Verbreitung. Daher sind auch schon viele Arten schmiedeeiserner Träger vorgeschlagen und in Anwendung: die hohlen Träger, deren Querschnitt Fig. 21 darstellt, die einfachen Blechträger, entweder nur mit Winkeleisen am oberen oder unteren Ende, oder wie bei Fig. 22 noch mit Gurteisen, die Träger aus Eisenbahnschienen oder ähnlich gewalztem Eisen, die zahlreichen Arten von Gitterbalken, die Balken von zusammengesetzt-zelligem Querschnitt u. s. w.

Fig. 21. Fig. 22.

Zunächst werden wir die drei erstgenannten Arten von Trägern ihrer Stärke nach vergleichen und werden sehen, dass die hohlen Träger hauptsächlich den Vortheil haben, dass sie vermöge der Form ihres Querschnitts bedeutend weniger einer seitlichen Verkrümmung ausgesetzt sind, dass aber da, wo eine solche nicht zu befürchten ist, z. B. da, wo von beiden Seiten her Gewölbbögen gegen den Träger stossen, der einfache Blechträger ziemlich, wenn nicht völlig, dieselbe Stärke besitzt. Dabei ist er einfacher und billiger herzustellen, leichter zu reinigen, durch einen Ueberzug von Farbe leichter gegen atmosphärische Einflüsse zu schützen, denen übrigens auch die eine dicke Platte besser widersteht, als die zwei dünneren der hohlen Träger.


— Ferro-carril Mexicano. — Secciones de Puentes.

Observaciones.

El puente de Metlac, se compone de 5 pares de trabes de 39'. 10." separadas de centro á centro 4'. 10."
El puente de Rio Seco es un puente en curva de cinco tramos, estando las trabes remachadas unas con otras y midiendo en total longitud 249 pies. Las trabes estan una de otra, de centro á centro 7'. 3."
El puente de Paso del Macho está formado de tres tramos; las dos entradas iguales y el del centro mayor, formadas sus trabes compuestas. Las de la entrada son llenas de 63'. 6" de largo y separadas entre centros de 9 pies.

Figuras 2–4
Las vigas típicas en los libros de Fairbairn e Intze y en un documento de los años 1860 del archivo del Museo Nacional del Ferrocarril en México

También la literatura alemana de la época —por ejemplo de Otto Intze (Intze 1878, 50–51)— llega a la conclusión que el tipo de viga de hierro forjado en forma de I, compuesto de barras con perfiles planos, angulares y de chapas de hierro es el más resistente, duradero y económico. Esto tan solo para mencionar algunos libros que se encuentran al azar en la biblioteca de mi museo.

Las vigas empleadas originalmente en los puentes de ferrocarril mexicano que se podían examinar, tienen una sección en forma de I y se componen de diferentes traversas de hierro forjado planos y angulares, encerrando y rigidizado por una chapa de hierro (en inglés dice: «boiler plate» = lámina de caldera). Todos estos elementos se unieron a través de roblones de acuerdo al cálculo estructural de los ingenieros. Dos vigas de este tipo se conectan a través de un entramado que rigidizaba la construcción. A diferencia de las vigas originales que se cambiaban por otras entre 1903 y 1910 los posteriores ya tienen perfiles de traversas más complejos y más fáciles de ensamblar. Un análisis de los planos conservados revela que las vigas eran continuas con apoyos cada 10 a 18 m en el promedio, con una esbeltez regular entre 1:12 hasta 1:14 entre los apoyos. El vano mas grande para una de las vigas documentadas es la del puente de Guadalupe con 27,74 m de claro, una altura de 1,6 m y una esbeltez de 1:17. La viga central del puente de Apizaco tiene la máxima esbeltez de todas con un valor de 1:19 que se debe seguramente al hecho de que no se quería aumentar la altura de 0,99 m de la viga central de 18,44 de largo con respecto a las laterales mas cortas de 15,39 m. El puente mas largo de todo el trayecto es el de Metlac con sus 165,65 m de longitud total. Para los claros mayores los ingenieros interrumpieron las vigas corridas empleando en el campo mayor —por lo regular el central— entramados con un máximo de 42,67 m de claro: la viga central de puente de Paso del Macho.

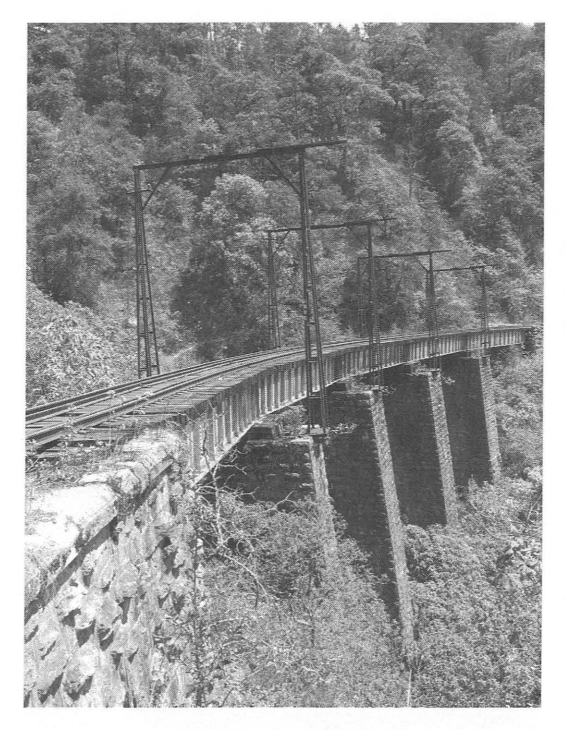
Estas vigas originales se habían comprado en los talleres de Crumlin Shops en Gran Bretaña y aún las vigas nuevas, introducidas a partir de 1903 provienen de Gran Bretaña. En 1903 se sustituyeron —por ejemplo— las vigas originales del puente de Río Seco por unas provenientes de la Francis Morton & Co. Ltd. de Liverpool, especificadas con el nº 761. Para los puentes de Atoyac y de San Alejo la misma empresa surtió en 1908 las vigas nuevas con la especificación nº 760 y para el puente de la Soledad otras con la del nº 733. Los puentes en el altiplano se sustituyeron unos años mas tarde como la de un puente pequeño cerca de Huamantla que tiene su placa, fechada en 1910 conmemora su procedencia de The Brandon Bridge Building Cº Ltd. de Motherwell en Gran Bretaña.

Para los pasos menores de 3 m —que los ingenieros no consideran como puentes— y sobre todo para la construcción de las alcantarillas —que abundan— no siempre se usaban vigas de hierro, sino mayoritariamente arcos de mampostería y en algunos casos puentes con vigas de madera.

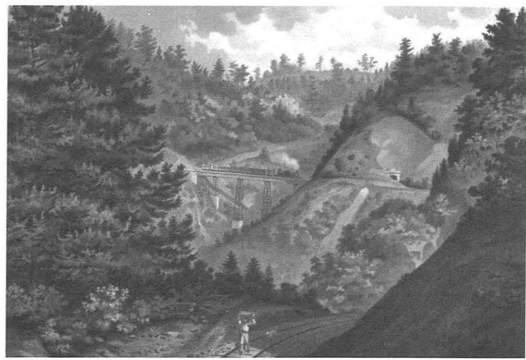
Estas superestructuras de vigas descansan sobre contrafuertes en ambos costados del valle hechos de mampostería y apoyos en medio para limitar la envergadura de la viguería. Por lo general todavía no se usan cojinetes especiales en los lugares donde descansan las vigas sobre los apoyos sino se ponen sencillamente láminas de hierro en los intermedios para permitir los movimientos causados por el ferrocarril y los cambios de temperatura. Durante la renovación de la red ferroviaria en los años 1980as se introducen cojinetes de elastómeros entre superestructura y apoyos.

Talcott, en su informe (Low 1916, 1558) destaca la abundancia de cantería caliza en la región y su alta calidad. Ésta piedra se aprovecha para la construcción de cimentaciones, contrafuertes, las bóvedas de alcantarillas y el revestimiento de túneles así como para la construcción de los edificios para el ferrocarril. Para construir los apoyos intermedios de los puentes no recomienda la mampostería porque resulta más económico importar y ensamblar apoyos de hierro en vez de transportar y ocupar un sinnúmero de albañiles y carpinteros para la construcción con piedra que requiere de andamios y grúas más complicadas que el hierro.

Al contabilizar los tipos de apoyo se observan algunos pocos que se ensamblaron en base a vigas de madera en los primeros años del ferrocarril mexicano, mientras que la mitad de los apoyos en terrenos bien accesibles de la costa y del altiplano son hechos completamente de mampostería, la otra mitad, ubicada principalmente en las regiones montañosas son hechos de hierro. Tan solo a partir del año de 1912 se refuerzan y sustituyen los apoyos originales de hierro por tales de mampostería y se suplen muchos por muros de contención no dejando huella de los puentes anteriores. Los apoyos de mampostería se construyeron con sillares de piedra caliza presentando su









Figuras 5–8
El puente de Wimmer actual e histórico

paramento con un almohadillado rústico. Las estructuras de hierro son un poco mas complejas —como demuestra el caso del puente de Metlac—, son caballetes de hierro trianguladas, la mayoría de ellos hechos en base a perfiles angulares roblonados, solo en algunos casos se ensamblaron con tirantes tubulares.

Con este tipo de estructuras para los puentes los constructores del Ferrocarril Mexicano habían escogido un sistema constructivo fácil de transportar y ensamblar que era a la vez económico y a la altura de la tecnología existente.

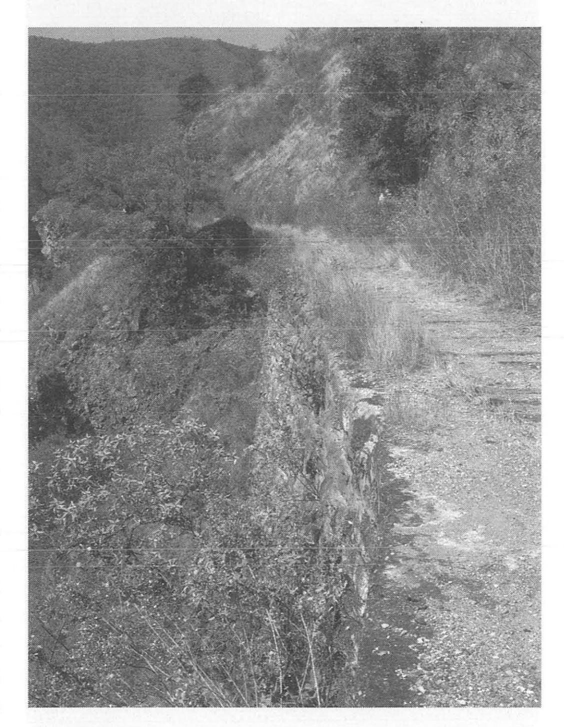
Vale la pena enfocar los puentes más interesantes en el trayecto entre las estaciones de Boca del Monte (km 172,5/251,12[12]) en el altiplano y La Soledad (km 42,62/381) a unos 42 km del Puerto de Veracruz. En el primer trayecto entre Boca del Monte y Maltrata

el Puente de Wimmer (km 168/254,62) que queda entre los túneles nº 16 y 15[13] como único puente conservado[14] en este paisaje tan escénico de las Cumbres de Maltrata: Un tramo abandonado desde el año de 1983. El puente se puede observar desde la autopista Puebla-Orizaba ¡párese con mucho cuidado! que queda a unos 100 metros más cerro arriba cruzando la misma barranca; pero mejor se llega caminando a pie desde Boca del Monte unos 4 1/2 km para poder apreciar un puente de hierro con 97,07 m de longitud total con 5 claros sobre 4 pilares de 39,36 m de altura máxima, originalmente hechos de hierro en su parte superior y de mampostería en su parte inferior rebasando por dos metros la altura de los cimientos. Ahora los apoyos están revestidos completamente de mampostería. Los contrafuertes en los lados están hechos, ya desde un principio de mampostería con la cantera caliza que abunda en la región. Dos vigas corridas, hechas de hierro con una altura de 1,52 m que están rigidizadas por el entramado que los enlaza, formando así un cajón abierto del lado de arriba y de abajo portan los raíles del único carril. En el transcurso del Ferrocarril Mexicano es la única construcción que se relaciona con el nombre particular de su creador: Sebastián Wimmer,[15] probablemente como homenaje a un ingeniero que perteneció a la escolta de Carlota en varias ocasiones y que se atrevió construir en este lugar que presentaba problemas topográficos extraordinarios.

El camino sigue pasando por las estaciones de servicio y de descanso de las «Cumbres», ahora abandonadas. Poco antes de llegar a la estación de Maltrata el edificio de transformadores eléctricos (la subestación nº 1), todavía no plenamente desplomado y con un equipo solo parcialmente desmembrado, llama la atención del caminante. Partiendo de la estación de Maltrata (km 153,1/271,4) el camino sigue hasta la próxima estación de Balastrera (km 146,62/277) con los viaductos y túneles del Infernillo y La Joya. Había —aparte de muchos puentes chicos— tres viaductos mayores, de los cuales tan solo uno queda reconocible como tal. El 1er viaducto de estos tenía unos 39,63 m de longitud a una altura de 10.67 m con una pendiente de 4%. Sigue el túnel nº 10 (84 m) y 365 m más adelante el 2º viaducto con 9 claros y una longitud de 91,50 que es el que aún se reconoce. Más adelante se encontraba el 3er viaducto con 8 claros sobre una longitud de 74 m.

Como el 2º puente del Infernillo quedaba muy pegado al talud de un valle sumamente profundo con un declive extremadamente escarpado fue sustituido a partir del año 1912 por un muro de contención sin restarle una impresión de audacia, aventura y escalofrío al pasar por esta situación del paisaje que se extiende tan solo por unos 2 km con unas curvas a lo largo de la orilla de una barranca profunda. Los otros dos viaductos y puentes de este trayecto se integra-





Figuras 9–10
El Infernillo actual y histórico

ron completamente y sin dejar huellas obvias al reformar el ferrocarril.

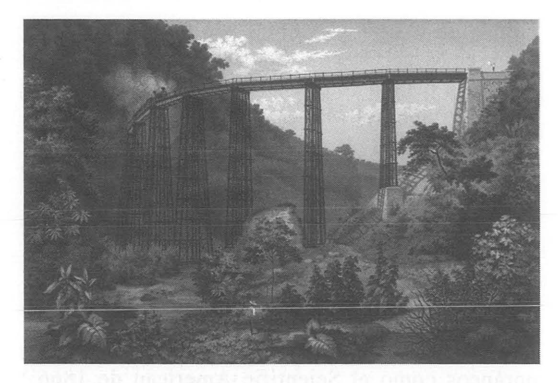
Entre las estaciones de Balastrera y el Sumidero (km 119,82/303,8) el ferrocarril sigue ocupando la ruta antigua salvando el transcurso de un valle donde queda la estación de Orizaba (km 126/292). El camino nuevo se separa del antiguo poco antes de llegar al pueblo de Sumidero donde —pasando una curva— se abre la barranca de Metlac, ahora cruzada por un puente recto y gigantesco. Antiguamente aquí se iniciaba la parte más interesante y pintoresca de la ruta hasta llegar a Fortín (km 114,6/309,9), donde la vía histórica se vuelve a juntar con la moderna.

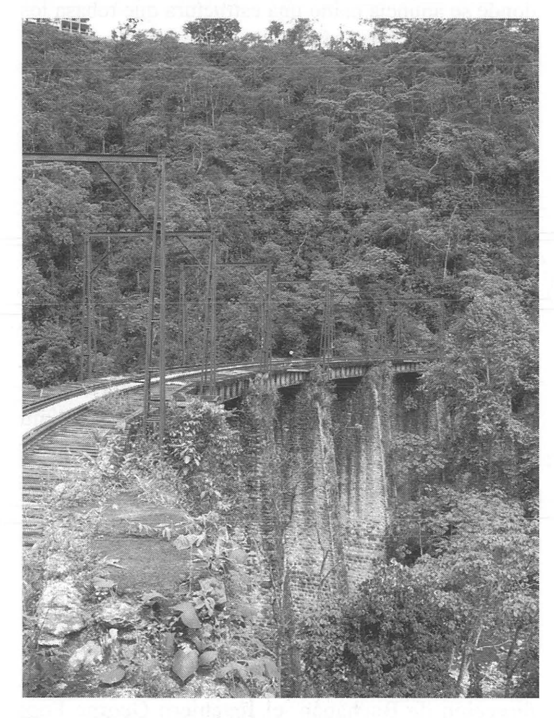
Poco después de la antigua estación de Sumidero existió un puente mayor con 35,39 m de largo en una altura de 7,62 m del la cual no quedan ni restos. Siguiendo la vereda antigua que mas tarde se despliega a lo largo del valle (con 6 km adicionales de camino para la ida y la vuelta), el viajero llega al túnel nº 9,[16] el primero de los seis que faltan para alcanzar el famoso puente de Metlac, donde, al haberlo cruzado, espera el Tunel nº 3.[17] Antes de salir del valle había otro puente de 5 claros y de 12,20 m de longitud que hoy ya no se reconoce.

Ésta barranca del Río Metlac entre los km 115,69/303 y km 121,69/309 era el obstáculo más complejo que había que atravesar en todo el trayecto: el valle tiene —cruzándolo en linea recta— una latitud de 275 m y 115 m de profundidad: un verdadero reto para los ingenieros.

Talcott discute en su informe (Low 1916, 1558) primero la posibilidad de construir un puente colgante en un lugar donde el valle tiene 304 m de ancho y 106 m de elevación. Considera esta solución como la más económica, pero a la vez está consciente de los problemas dinámicos y de flexión conocidos que ofrecen estas estructuras para el ferrocarril y propone en seguida como alternativa un puente tubular de hierro, de dos o tres claros sobre apoyos, compuestos de barras tubulares de hierro. Estos apoyos de hierro considera mas económico que los de mampostería, que se construyeron años mas tarde. A la vez deja abierta la posibilidad que luego se realizaría de construir el puente más río arriba donde el valle es más estrecho y menos profundo, a pesar de tener que desviar el trayecto por las orillas del valle de ida y vuela. Talcott consulta la opinión de Sir William Fairbairn, con quién desarrolla una correspondencia a través de los años (Low 1916, 1564–1565) ya que Fairnbairn calcula —comunicado por una carta fechada en Manchester el 26 de noviembre 1858— una propuesta para la construcción de un puente tubular sobre dos apoyos. Mas tarde Fairbairn propone un puente de cuatro claros (dos laterales de 96,62 m y dos centrales de 122 m) con dos pilares gigantes en medio, construidos sobre una base ancha que adelgazan hasta arriba, una estructura de barras tubulares que en el alto forman un cantilever. En los espacios libres se ponen vigas que se suspenden de un arco, rigidizado por un entramado. Esta propuesta innovadora y monumental se refleja en los periódicos contemporáneos como el Scientific American de 1866[18] donde se anuncia como una estructura que rebasa los límites de la ingeniería del presente y será una razón más para visitar México. El dibujo más importante de esta propuesta se conserva en el Museo de Arte de Orizaba (AAVV 2001, 246). En una de las cartas de Charles Talcott encontramos una descripción y evaluación detallada del proyecto.[19] Pero cuando el cálculo de costo de Fairbain excede el límite del presupuesto será una razón más para abandonar esta posible solución. En 1866 constan los planos definitivos; la supervisión del proyecto queda a cargo del General H. T. Douglas. El día 26 de abril de 1866 se colocó la primera piedra para el puente (Low 1916, 1564–1565) pero al acontecer un terremoto dos semanas mas tarde, Douglas le propone a William Cross Buchanan —entonces ya sucesor de Andrew Talcott— una solución menos peligrosa. Buchanan diseña una alternativa que fue aprobada por el Ministerio de Fomento el 28 de junio de1871 (Baz y Gallo 1874, 148). Es una construcción más sencilla —pero no menos impresionante— en un lugar más seguro y en la forma actual. La prueba de carga se efectuó en Julio de 1872 y estaba a cargo del Ingeniero Buchanan. En esta construcción intervinieron, bajo la dirección de Buchanan, el Ingeniero George Foot (trabajos de campo), Thomas Branniff (obras de albañilería) y como ingenieros constructores Donaldo, Murray, Hill y González Cosío (Baz y Gallo 1874, 148).

En un testimonio del año de 1916 (Low 1916, 1610) el Ingeniero W.T. Ingram, uno de los ingenieros veteranos del Ferrocarril Mexicano sobre el puente de Metlac pone énfasis en el hecho de que durante la revolución, entonces todavía no concluida, se destruyeron un sinnúmero de puentes de ferrocarril en otras rutas, pero no en el entre Veracruz y México





Figuras 11–12
El Puente de Metlac

y que el puente, planeado originalmente por Fairbairn hubiera estado mucho mas sujeto a acciones de vandalismo que el actual. En la misma carta presenta un dibujo de la propuesta de un puente tubular.

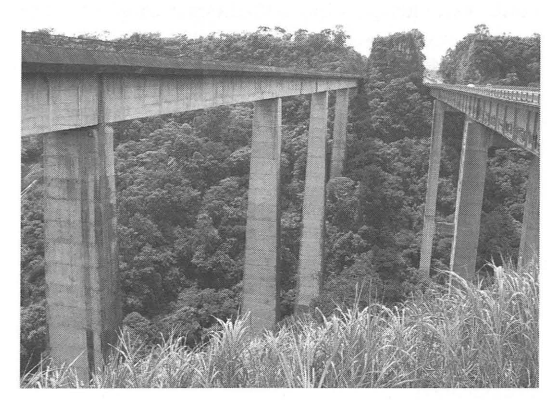
El puente de Metlac finalmente construido, ahora ya histórico, tiene 164,65 m de longitud total, salvados por una viga corrida con 9 claros que tienen 15,29 m de luz y están colocadas a unos 28 m sobre el fondo de la barranca. Las vigas se fabricaron en los talleres de Crumlie Shops en Gran Bretaña (Baz y Gallo 1874, 149). Cada uno de los ocho apoyos intermediarios de hierro fundido constaba de ocho columnas, de las cuales las cuatro interiores se yerguen verticalmente, mientas que las cuatro exteriores tienen una inclinación de entre 1° y 8° hacia dentro. Las vigas de chapa reforzada que portan los raíles tienen una altura de 1,22 m (Garma 1985, 53). Toda la estructura vertical y horizontal esta estabilizada a través de entramados. A los dos raíles se les agregó uno tercero —llamado guarda-raíl— para que no se descarrillara el tren en la curva y sobre le puente.

El primer daño grave fue causado el 1 8 de septiembre 1888 por un huracán que —por la fuerza del viento y por los deslaves consecutivos en las bases— derrumbó tres pilares con 48 m de viguería, dejando inservible el puente durante los 28 días que duró la reparación. En 1912 se revistieron los pilares con mampostería para reforzar la estructura, así como los puentes de Infernillo y Wimmer (Garma 1985, 53).

A partir de 1970 el puente presentó serios problemas de estabilidad así que se buscaron soluciones alternativas. En 1983 se inicia la construcción del nuevo Puente de Metlac (al lado del puente de la autopista Orizaba-Córdoba de los años 1960as) que se inaugura el 17 de octubre de 1985 cargando dos carriles de ferrocarril en el lugar donde Talcott 125 años antes quería cruzar la barranca con un puente colgante o tubular. El puente ahora realizado es uno de los más modernos: tiene 430 m de longitud y cuenta con 5 pilas con 120 m de altura máxima. La construcción de la superestructura, de concreto presforzado por el método de dobles voladizos, con dovelas de 5 metros de largo y alcanzando claros hasta de 90 metros constituyó un récord mundial para puentes de doble vía férrea donde se emplearon sistemas de izaje hidráulico, carros de colado automatizados y un sistema innovador de postensado multitorón (página web de la empresa constructora MEXPRESA).

En el camino que sigue, partiendo de las próximas estaciones de Fortín y de Córdoba hay algunos puentes más, dignos de mencionar. En este trayecto hay entre Potrero y Paso del Macho además 15 km de vía abandonados.

Con el Puente del Atoyac (km 86,6/337,9) de 100 m de longitud encontramos el primer puente con un



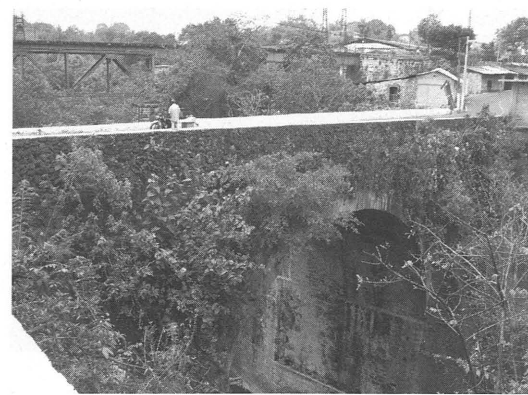
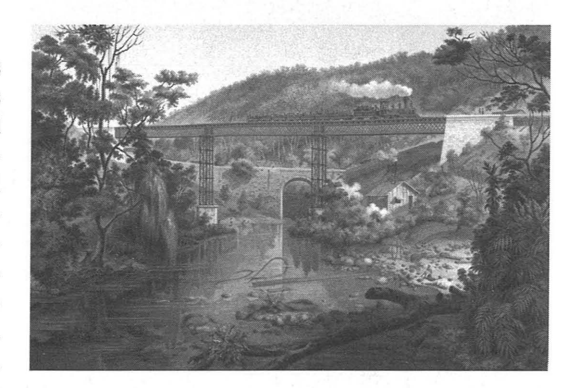


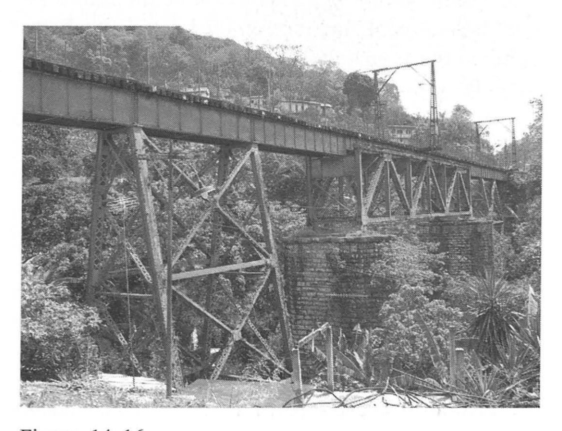


Figura 13
Los nuevos Puentes de Ferrocarril (izq.) y de la Autopista (der.) de Metlac

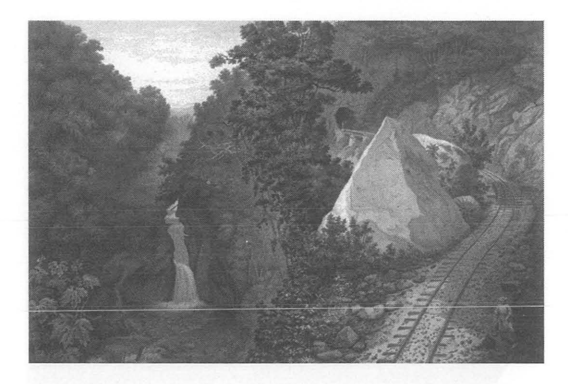
entramado en el claro central. Entre los contrafuertes de mampostería y dos pilares de hierro y dos pilares centrales de mampostería se extienden 5 claros, el mayor de 33,54 m en una altura máxima de 31 m sobre el valle del Río Atoyac. Los tramos laterales del puente ocupan dos vigas de chapa como en los puentes anteriormente tratados, ahora apoyadas adicionalmente por un poste de hierro mientras que el claro central es cruzado por un entramado de considerable altura que a su vez carga una viga regular. Toda esta construcción data del año de 1908 y fue hecha por la Francis Morton & Co. Ltd. de Liverpool, su estilo no se compara ni en cuanto su belleza ni en cuanto a la tecnología empleada con el puente original: Éste puente tenía tan solo dos apoyos, hechos de hierro y una viga de celosía corrida por todo el largo, todo hecho a la altura de la tecnología contemporánea. Unos metros mas adelante pero con mucho menos altura incrustado casi al fondo del valle cruza el valle un puente carretero el río. Este puente se compone de un arco de mampostería y parece haber sido construido en la época colonial. Los dos puentes juntos son un motivo apreciado por artistas y fotógrafos ya que refleja el encuentro de las culturas tradicionales con el progreso.

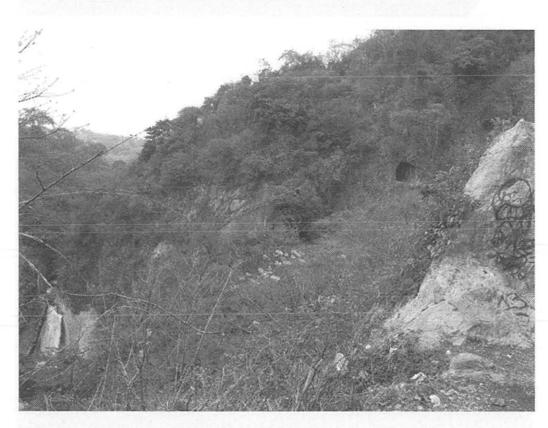
Siguiendo más adelante por la vía abandonada se atraviesa el Tunel nº 2 (km 85,15/338,5), construido en 1870, donde al salir se abre el panorama sobre un amplio y profundo valle, llamado «Salto del Atoyac». Aparte de la impresionante hermosura del pai-





Figuras 14–16





Figuras 17–18
Túnel nº 2 con el Salto del Atoyac

saje, dominada por la composición de un cuadro incluyendo el túnel, una roca errática de fisonomía inconfundible y un salto de agua se aprecian al otro lado del valle las construcciones modernas del viaducto-túnel «Pensil» y el puente ferrocarrilero donde desemboca.

La última aventura en el trayecto es el paso por el Puente de la Soledad (km 42,62/381), con 228 m de longitud, es el puente mas largo del trayecto. Es especialmente atractivo porque dispone de 2 niveles, el inferior sirve al tráfico de coches, caballos y peatones mientras que el superior es ocupado por la vía del ferrocarril. La construcción original fue terminada en 1869 con una viga de entramados con una altura de 7 metros que incluía los dos niveles. Constaba de 5 claros sobre 4 pilares de mampostería que se conservan todavía y que actualmente cargan la nueva estructura que se fabricó en 1908 por la Francis Morton & Co. Ltd. de Liverpool. Realmente se construyó una primera estructura superior con vigas con perfiles I de chapa para el ferrocarril que descansa sobre un bastidor cargante encima de una segunda estructura hecha de vigas de entramados que salvan los claros entre los pilares independientemente de la estructura superior. Pasar en coche por la parte inferior de este puente con una altura libre de 2,30 m cuyo revestimiento consiste en troncos de madera repiqueteando al pasar es un agradable fin de este recorrido por los puentes ferrocarrileros del «Mexicano».

Conclusión

Los puentes todavía conservados del Ferrocarril Mexicano, aunque parcialmente transformados y adaptados a las necesidades actuales, son vestigios elocuentes de un legado importante para la historia de la tecnología y de la construcción en México. Estos puentes representan —junto con los túneles, las estaciones, instalaciones operativas y la traza por sí— un patrimonio único para México que vale la pena conservar y aprovechar.

Por lo visto el Ferrocarril Mexicano estaba a la altura de la tecnología ferrocarrilera de su época: Una razón más por la cual merece una atención especial. Vale destacar también que no solo tratamos monu-

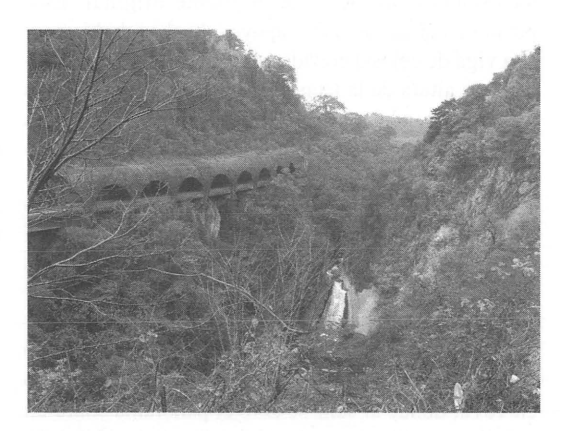
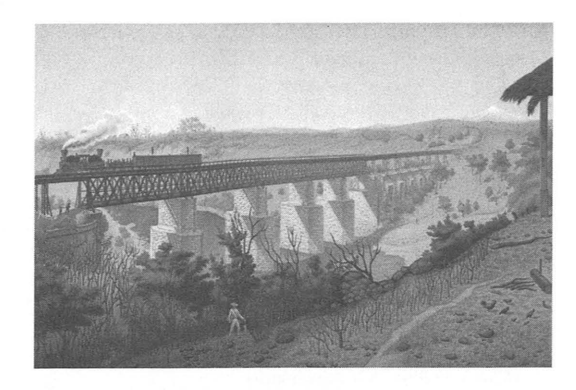
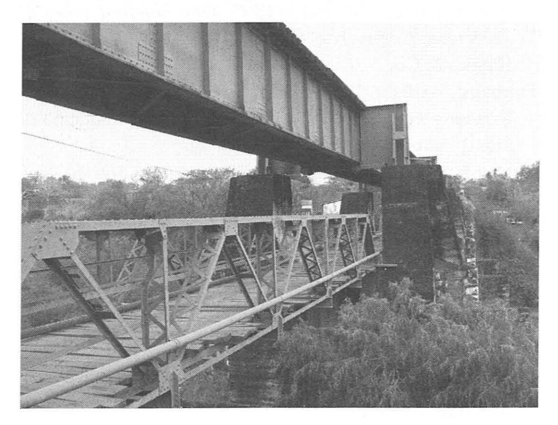


Figura 19
El moderno Túnel-Viaducto «Pensil»





Figuras 20–21
El Puente de La Soledad

mentos mexicanos sino que la aportación europea y norteamericana los valida como patrimonio universal. Son símbolos de la colaboración y el intercambio entrañable entre constructores a nivel internacional en una época todavía muy limitada en medios de comunicación.

La conservación de este patrimonio requiere de mayores esfuerzos científicos y publicitarios en un futuro próximo así como una mayor toma de conciencia y participación de la gente del lugar, porque tan sólo a la iniciativa de la gente del lugar se le debe —por ejemplo— la conservación del Puente de Metlac y una iniciativa similar será necesaria para el rescate del puente de Wimmer antes de que o la naturaleza o especuladores de chatarra tomen posesión de este hito de ingeniería civil.

Agradecimientos

Agradezco profundamente al apoyo financiero del Deutscher Akademischer Austauschdienst (DAAD) en Bonn (Alemania) y la hospitalidad brindada por la Fundación Manuel Toussaint en Puebla sin los que no se podría haber realizado este trabajo.

Notas

1. Tabla comparativa de alturas y distancias entre la costa y el altiplano:

Atoyac,	km	85,8;	altura:	381 metros
Córdoba,	km	105,80;	altura:	827 metros
Fortín,	km	113,00;	altura:	1.009 metros
Esperanza,	km	179,12 ;	altura:	2.453 metros

   Esto significa que a lo largo de 66 km se salvan 1.444 metros o en 93 km 2.072 metros.
2. Todas las fotos actuales son del autor, las imágenes históricas son tomadas de: García Cubas, Antonio y Castro, Casimiro: Álbum del Ferrocarril Mexicano, México 1877.
3. El 19 de noviembre de 1837 se inaugura el tramo entre La Habana y Bejucal y el 19 de noviembre de 1839 el tramo Bejucal-Güines.
4. Informe de Antonio Garay a la comisión, Veracruz, 9 de diciembre de 1843, AGNM, FF, vol. 1, exp.11, fs. 4–19 (citado por Chapman 1975, 30).
5. Con la inauguración del ferrocarril gubernamental entre Bruselas y Mechelen el 5 de mayo de 1835 se había iniciado el ferrocarril público en la parte continental de Europa.
6. Andrew Talcott se graduó en la academia militar de West Point, NY en 1818; participó en la construcción de Fort Adams, RI, en 1824; refinó el método para determinar la latitud del astrónomo danés Peder Horrebow (1679–1764). Trabajó como ingeniero supervisor en la construcción de los Hampton Roads en Fort Calhoun y Fort Monroe. Hizo el levantamiento topográfico de la frontera entre Ohio y Michigan en 1835 y del estuario del Mississippi en 1839. Era supervisor del «Richmond and Danville Railroad» en 1849, ingeniero del «Ohio and Mississippi Railroad». Al haber cumplido con su contrato con los Escandón estaba de regreso en los Estados Unidos en 1859. Regresó a México en el año de 1862 donde trabajó hasta el año de 1867.
7. Andrew Talcott trabajó con tres asistentes personales y tenía además una brigada de trabajo bajo la dirección de M. Evory Lions y otra bajo la de Robert B. Gorsuch.
8. Carta de Charles Talcott del 17 de mayo de 1866 a Alfred Rives (Alfred Rives Papers en el Archivo de la Duke University, Durham, North Carolina).

9. Garma 1985, 61 presenta un listado más detallado del equipo rodante: era un total de 27 locomotoras de los cuales 8 eran Fairlies, otros procedieron de diferentes países europeos y 4 de Estados Unidos, 36 vagones eran para pasajeros y 341 para carga de todo tipo.
10. Entre un primer recorrido que hice en el 2007 y el segundo en 2009 por las vías abandonadas se habían «levantado» alrededor de 25 km de carriles.
11. Conversión: 1' (inch) = 0,0254 m, 1'' (foot) = 0,3048 m, 1 yard = 0,9144 m, 1 mile = 1.609,34 m
12. De aquí en adelante la primera referencia es la distancia desde Veracruz y la segunda de México.
13. El túnel nº 16 tiene 44,40 m y el nº 15 tiene 54,65 m de longitud.
14. Se ubica en el km 169,3 desde Veracruz y en el km 254,62 desde la Ciudad de México
15. Sebastian Wimmer inmigró a Nueva York en junio de 1851 procedente de Alemania. Sabemos que trabajó desde el 23 de junio de 1863 como «principal assistant engineer» de la «Pennsylvania Company» para completar la «Philadelphia & Erie Railroad» entre Whatham y Warren; la vía quedó completada entre Julio de 1864 y Marzo de 1865. Fue contratado por los Escandón en 1865 como ingeniero para la construcción del Ferrocarril Mexicano. En marzo de 1869 ya estaba de regreso en los Estados Unidos para hacerse cargo de la construcción de la «Benezette and Driftwood Division of the Low Grade» y mas tarde de la vía entre «Benezette y DuBois», completada en 1874. (vease también: Low 1916, 1605 y Garma 1985, 33).
16. km 304.8: Túnel nº 9 (77,4 m), km 305,2: nº 8 (35,4 m), km 305,3: nº 7 (21,6 m) km 305,4: nº 6 (21,9 m), km 306.3: nº 5 (34,8), km 306,9: nº 4 97,2 m.
17. km 307,5: Túnel nº 3 (68,6 m).
18. Scientific American, New York, July 7, 1866: 18 bajo el título: «A great railway enterprise».
19. Carta de Charles Talcott del 17 de mayo de 1866 a Alfred Rives (Alfred Rives Papers en el Archivo de la Duke University, Durham (North Carolina).

Lista de referencias

Artes de México. 1972. 1era Época, nº 156. Año. «El Ferrocarril Mexicano (1873–1972)».

AAVV. 1987. *Los Ferrocarriles de México 1837–1987*. México: Ferrocarriles Nacionales de México.

AAVV. 2001. *Museo de Arte del Estado de Veracruz*, México: Fomento Cultural BANAMEX AC.

Baz, Gustavo y Gallo, Eduardo. 1877. *Historia del ferrocarril mexicano: Riqueza de México en la zona del Golfo a la Mesa Central, bajo su aspecto geológico, agrícola, manufacturero y comercial / estudios científicos, históricos y estadísticos*. México. [3ª edición, facsimilar de la primigenia de 1874].

Bühler, Dirk. 2004. *Brückenbau im 20. Jahrhundert*. München: DVA.

Chapman, John Gresham. 1975. «La Construcción del Ferrocarril Mexicano», *SepSetentas*, nº. 209. México.

CONACULTA. s.f. *Entre destinos: puentes ferroviarios de México*. Puebla: XV aniversario.

Depew, Chauncey M. (ed.). 1895. *One hundred years of American Commerce (1795–1895)*. New York D.O.: Haynes & Co.

Fairbairn, William. 1859. *Die eisernen Träger und ihre Anwendung beim Hochbau und Brückenbau*, traducido al alemán por D. Brauns, Braunschweig.

Garma Franco, Francisco. 1985. *Railroads in Mexico —an illustrated history—*, vol. I. Denver: Sundance Books.

García Cubas, Antonio y Castro, Casimiro. 1877. *Álbum del Ferrocarril Mexicano*. México.

Gómez Pérez, Jorge Ramón. 2000. «Las Locomotoras Eléctricas de Ferrocarril Mexicano». En *Arqueología Industrial*, Año 3, número 7 (noviembre de 2000): 8–9.

Gómez Pérez, Jorge Ramón. 2004. *Guía para visitantes al Puente de Metlac*. México: Consejo nacional para la Cultura y las Artes.

Gorsuch, Robert S. 1881. *The republic of Mexico and the Railroads*. New York.

Humber, William. 1857. *Practical Treatise on cast and wrought Iron Bridges and Girders*. London.

Intze, Otto. 1878. *Tabellen und Beispiele für eine rationelle Verwendung des Eisens* ... Berlin.

Low, Emile. 1916. «A Review of the report of Andrew Talcott...». En *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, Paper 1371, nº 80 (dec. 1916): 1548–1625.

Rivera Cambas, Manuel [1880] 1967. *México Pintoresco, Artístico y Monumental*. México.

Schael, Dorotea. 1998. *Crónica del Concesionamiento de los Ferrocarriles de México 1995–1998*. México: manuscrito inédito.

Tirado Villegas, Gloria. 2007. *Los efectos sociales del ferrocarril interoceánico*. Puebla: Puebla en el Porfiriato-BUAP,-ICSyH.

Sistema constructivo del aljibe almohade de la Casa de las Veletas de Cáceres

Rosa Bustamante
Mª Teresa Cabezas
Víctor Gibello

De la alcazaba islámica de Cáceres, ubicada por muchos autores en donde hoy se levanta la Casa de las Veletas y su entorno circundante, subsiste tan sólo un aljibe.[1] Torres Balbás dice que por su amplitud y sólida construcción se trata del más espectacular de cuantos se han podido localizar en la comarca, «levantado con mortero y cal, sus cinco naves, cubiertas con bóvedas de medio cañón hechas de ladrillo, van separadas por arcos de herradura que apean toscas columnas de piedra hechas ex profeso. Una escalera adosada al muro del mediodía permite bajar hasta el andén adosado a los muros del cuadrilátero».

Cáceres había sido centro de hostilidades entre cristianos (leoneses, castellanos y portugueses) y almohades, pasando de manos de unos a otros hasta la conquista definitiva de 1229, año en el que también se la dota de su primer Fuero. En 1231 Fernando III le concede la Segunda Carta de Población, en la que se dice: «Del alcázar subsisten restos algunos muy notables, como el del aljibe».[2]

El monarca Enrique IV concedió a Diego Gómez de Torres, hermano del mariscal de Castilla, don Alfonso de Torres, los solares y aljibes del alcázar viejo, y lo confirmaron los Reyes Católicos en Tordesillas en 1476. Gonzalo Espadero le pone pleito a este conflicto, que fallan los Reyes Católicos en su ejecutoria de Sevilla de 23 de septiembre de 1477 a favor del primero, especificando el suelo que al de Torres pertenecía que era «el ladrillado e los aljibes de dicho alcázar fasta dar en la madalena, e fasta casa de Carvajal, del otro caso fasta dar en el muro». Limite este que induce a pensar que se extendiese hasta la muralla por su parte oriental. En la ejecutoria también se le prohíbe fortificar la construcción y se le impone una servidumbre sobre las aguas de los aljibes para que pudieran ser utilizadas por el común de los vecinos: «Confejo de los Señores Reyes Católicos, intentando facar Cartas Reales para ello, i valerfe de otros Instrumentos del Señor Infante Don Alonso...en Sevilla a Veinte i Quatro de Setiembre del año 1477....i de la Calidad de dexar libre el Vfo del Agua de los Algives a los Vecinos de la Villa, para en Tiempo de necefsidad».[3]

Para lo cual, Ortí Belmonte señala que: «se habilitó una puerta que se abrió al efecto en la parte posterior de la casa de las Veletas que fue cegada más tarde y vuelta a abrir a instrucciones del Sr. Mélida con el fin de que pudiera ser visitado el monumento, y que fue cerrada otra vez al visitarse el Museo, ya que el aljibe puede visitarse por el interior».[4]

En el siglo XVI, una vez resueltos todos los pleitos, hace obras en el palacio Lorenzo de Ulloa Porcallo, el cual «expresó que en sus casas principales encima del aljibe hacía cierta obra, en cuya pared que caía al monasterio y sus necesarias, hizo subir más de lo que estaba en lo antiguo, y mandó hacer tres ventanas grandes con sus canes de piedra, desde las que se registraba el monasterio y estaba mui cerca de él; por lo que no queriendo perjudicarle, se obligó a tapiarlas de cal y canto en Cáceres 7 de setiembre de 1566 ante Christoval de Cabrera escribano».[5] Es cu-

riosa esta noticia, en el patio de la casa hay una inscripción alusiva. El edificio fue sin embargo reedificado en el siglo XVIII por Jorge de Quiñones.[6]

Hasta el siglo XX no se documentarían otras obras.

El conjunto de la Casa de las Veletas

Presenta una convivencia de espacios, estructuras, elementos arquitectónicos y revestimientos de variada cronología, que hacen del recinto un complejo palimpsesto en el que coexisten armónicamente todas las partes.

La descripción realizada del edificio, hoy Museo de la Ciudad de Cáceres, por Nicolás Pérez en el siglo XIX dice así: «Situado este histórico edificio en la parte más alta de la villa, se halla fundado sobre un gran aljibe que ocupa toda su área, sostenido por fuertes caños abovedados, de menuda argamasa, sobre enormes columnas de piedra y gruesas cadenas de hierro. Esta parte del edificio es primitiva, mejor dicho, originaria del que se hizo en 1152 y sus cimientos descienden a una profundidad enorme, hasta encontrar la piedra, pues de piedra nativa es el pavimento del aljibe. ... Es de notar que esta casa no tiene veletas, ni indicios de haber tenido torres donde fijar las agujas para las banderillas giratorias. Acaso las tuviese el primitivo alcázar de Alha-el-Gami, y desaparecieron cuando la restauración del edificio actual, conservando por tradición el nombre, que hoy aún lleva, del Palacio de las Veletas».[7]

La casa tiene cuatro fachadas, de planta rectangular algo irregular en el lado Sur. Es de mampostería con sillares en las esquinas, y la del ingreso en el lado NO presenta una puerta adintelada, balcones y dos escudos imponentes, colocados entre los huecos de los balcones, que nos remiten al barroco del siglo XVIII. Los escudos contienen en sus cuarteles las ramas de Ulloa, Golfín, Torres y Carvajal y Espadero-Cáceres y Aldana, Vera, Porcallo y Quiñones.

En los laterales las fachadas presentan arcos ciegos de ladrillo. El edificio está coronado con un balaustre de cerámica tipo talaverano que recorre todo el edificio y que obedece a una posterior reconstrucción (posiblemente la del año 1976), con gárgolas de épocas anteriores. Existen restos de una torre cuadrada que ha quedado al descubierto, quizás restos del antiguo alcázar musulmán.

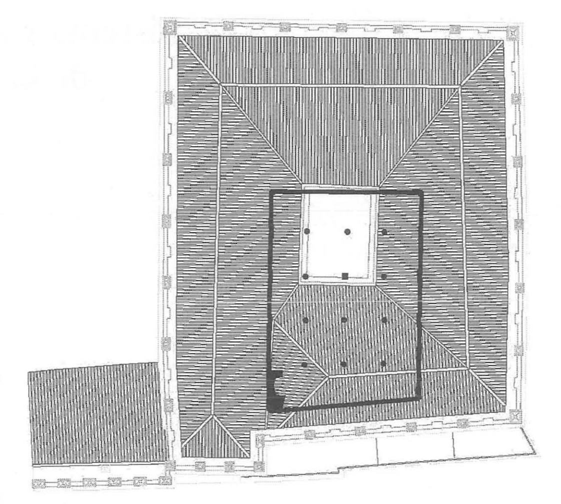


Figura 1
Planta del aljibe sobre la planta de tejados actuales[8]

El patio en torno al cual se organiza el palacio es casi rectangular, tiene ocho columnas toscanas que sujetan arcos de medio punto (figura 1), cinco de las cuales coinciden con los pilares del aljibe, porque las otras tres se apoyan en el muro NE.

Hipótesis sobre su antigüedad

La primera planimetría del edificio y su descripción completa la realiza J.R. Mélida. El mismo describe cómo fue su primer encuentro con el monumento en noviembre de 1914, de cuyo interior se contaba con pocas noticias.[9]

Declarado monumento histórico artístico desde 1931, sobre su origen existen varias hipótesis. Así Mélida lo considera del tiempo del Califato, del siglo X o de principios del XI. Lampérez y Romea databa su construcción también durante el siglo XI. Ortí Belmonte lo compara con el aljibe tunecino de Sofra, «se ha sospechado si fue baño; desde luego es monumento árabe de la época del califato cordobés, de fecha incierta, pero que puede oscilar del siglo IX al XI y sólo comparable a los aljibes de la mezquita de Córdoba y la Alhambra, y en la provincia de Cáceres, a los de los castillos de Trujillo y Montánchez».[10]

Leopoldo Torres Balbás lo consideró almohade, construido a la vez que el recinto amurallado y fecha-

do en la segunda mitad del siglo XII. Coincidiría con la gran ampliación de la alcazaba de Badajoz en 1169, que se acompañó de mejoras hidráulicas. «No es fácil fijar la fecha de construcción de este aljibe, obra fuerte y tosca, desprovista de elementos decorativos. Convendría ver si sus bóvedas, hoy enlucidas y enjalbegadas, tienen el mismo aparejo que las de la galería inmediata, al parecer contemporánea. Las españolas semejantes que conozco son de los siglos XIII y XIV. Probablemente el aljibe de Cáceres se construiría por los almohades al mismo tiempo que las murallas, en la segunda mitad del siglo XII».[11]

Para Basilio Pavón Maldonado no hay duda de que es de época pre almohade, siglos X-XI. «Una lápida con inscripción árabe encontrada en Cáceres da la fecha del siglo XI, tratándose por tanto de cisterna pre-almohade».[12]

Figura 2
Escocia en el perímetro del pavimento

El suelo

La pavimentación observada es una solería hormigonada de cal interrumpida en las paredes por una escocia de cemento para impedir la filtración del agua (U.E0002), probablemente de la década de los años setenta del siglo XX, cuando se realizaron obras de acondicionamiento en el museo. Está en todo el perímetro del aljibe, excepto la esquina NO, y se levanta 20 cm por encima del suelo (figura 2).

Se desconoce por donde evacuaban las aguas sobrantes, pues no se han localizado aliviaderos murarios o algún sistema de arquetas.

Actualmente se recoge el agua de lluvia por un único lucernario, situado en la cuarta nave del aljibe, que ha producido en el pavimento una oquedad que deja a la vista la piedra natural que podría ser el pavimento original.

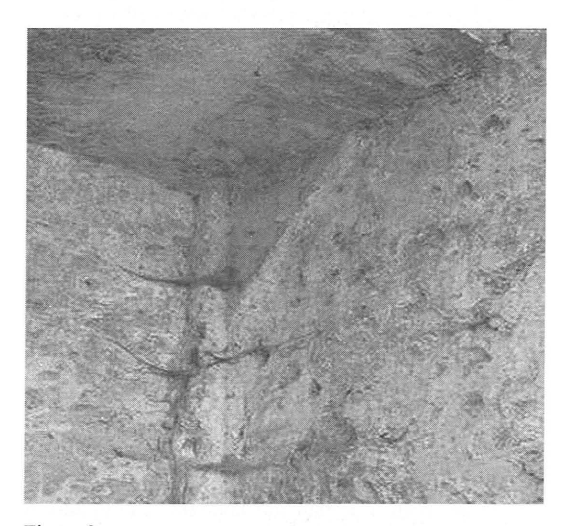


Figura 3
Bocel (esquina O debajo de meseta de escalera)

Las principales conclusiones del estudio por georadar realizado en 2008[13] no ha detectado ninguna conducción subterránea, aunque «la experiencia ha demostrado que aún en los años más secos, las aguas mantienen una altura considerable, y es de presumir que haya algunos manantiales dentro de aquella cavidad,[14] por lo que existe la posibilidad de que se encuentre dentro de los muros, a una cota más elevada que la que se ha registrado.

En el suelo aparecen una serie de anomalías en torno de una posible falla o fractura de interpretación. Cortado el suelo de Oeste-Este en la primera línea de columnas se observa una gran grieta, con continuidad en el muro Este, que se ha parcheado. Según el estudio geotécnico podría tener correspondencia con el terremoto acaecido en Lisboa, que también se dejó sentir en Cáceres.

En diferentes puntos se observan diferentes actuaciones que en torno a los siglos XIX-XX, algunas de ellas conocidas documentalmente: «Se empezó por secar el aljibe y derribar el muro interior, que cortaba

la última nave, construcción del siglo XVI; se le abrió un desagüe para evitar que las aguas llegaran a los arcos, cubriéndolos, y dejándole sólo unos 65 centímetros de agua. Hubo que obrar la galería de acceso, dejando al descubierto los arcos tapados y abrir una entrada en el muro para buscar la escalera interior del aljibe. Por último se colocó un andén de madera para poder recorrerlo hasta su mitad y se iluminó con luces ocultas».[15]

El arco despiezado, por tranquil, que existe debajo de la bóveda 1 y que se apoya en el muro NO (UE013), es soporte de una escalera a continuación de la existente. Está adosado sobre la supuesta puerta del siglo XVI que menciona la bibliografía en el *Memorial de Ulloa*, «*primitivamente tuvo acceso por la puerta oeste*». En 1933, año de creación del museo arqueológico, el arquitecto Luis Menéndez Pidal[16] lleva a cabo una serie de restauraciones en el aljibe para permitir la visita al público, entre ellas la creación de una escalera y pasarela, que son las que se usan actualmente.

Muros enlucidos de tapia tipo tabiya

Los muros perimetrales son de tapia hormigonada, que tiene su antecedente en el *opus caementicium* romano, pero de tipología claramente islámica. De aspecto macizo, está realizado con bastante cal, arcilla, áridos de pequeño y mediano tamaño, fibras y cenizas. Cada hilada se correspondería con 4 × 2 codos: la medida de 47 cm para cada codo Maamuni o de 0,54 cm por codo, que es el denominado «rassasi» establecido por W. Hinz. Múltiplos de estos serian «la caña» y «la fala».

Se denota más la presencia de cenizas en el muro NE, por estar más expuesto a las escorrentías procedentes del patio que han ido lavando el enlucido, y que se van sedimentando en el suelo, por lo que la escocia de sellado del pavimento presenta altas concentraciones de negro tipo carbón.

Bocel para impedir filtraciones

El bocel es una moldura cóncava de perfil cuarto circular que se apoya sobre los muros, una media caña muy típica de los aljibes medievales y es un elemento que facilitan la limpieza e impiden el desarrollo de los líquenes, ya que es una pronunciada curvatura en la unión de las paredes que evita el estancamiento del agua. Existen cuatro boceles, uno por esquina y miden tres metros y medio de alto y sus caras son de de unos 25 cm. Son de ladrillo y argamasa con revocos de cal y pigmentos (UC 016), y el de la esquina Este tiene una cubrición de cemento.

Franja en el encuentro de la arquería con la tapia

En el lienzo NO (U.E018–2) se observa una franja de 40 cm de ancho que podría ser la impronta de un añadido o de la remoción de un elemento, con alisado posterior de la superficie (figura 4). Respecto a esta depresión hipotéticamente se plantea, que marca el límite original de la tapia y que el testero corresponde a un macizado posterior. En cualquier caso, si corresponden a posibles inscripciones o cenefas árabes que fueron eliminadas, no decoraban los arcos. Pero también podría ser el paso de un pequeño canal para transportar el agua desde puntos más lejanos, como sucede en otros aljibes de características similares.

Marca

Por encima de los arcos de herradura y en todo el perímetro existe una banda angosta de pintura de azul desleído, que aparentaba un zulaque natural. Pero en el estudio de laboratorio se confirmó que era de color marrón, de almagre, que se ha transformado de color en estas condiciones ambientales. Es una marca de sedimentación del agua almacenada, similar a la que tienen las bases y fustes, y que explicaría una de las causas que provocó la pérdida de las decoraciones de cal del aljibe, es decir, que el nivel de agua cubrió los arcos de herradura en un lapso de tiempo no determinado del que se carecen noticias (figura 5). Por otro lado, la pintura de color beige encontrada, sería resultado en un intento de tratamiento homogenizante, que también se ha observado en el aljibe de la Iglesia de San Jorge, que se construyó en el siglo XVIII.

Ventana desde donde la población tomaba el agua

Fue en el siglo XVI cuando el edificio sufrió transformaciones importantes, adquiriendo prácticamente la imagen que en la actualidad presenta. Como consecuencia de la construcción de una planta superior,

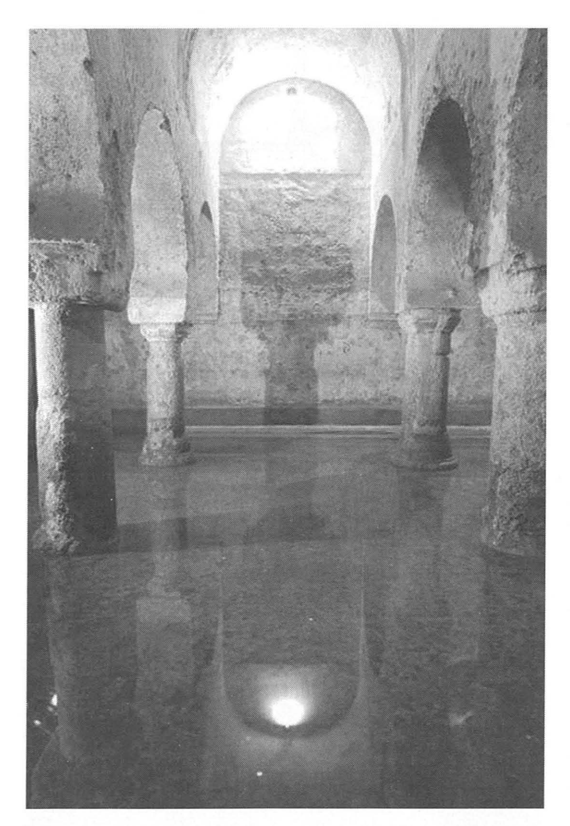


Figura 4
Segunda nave, impronta no identificada en muro NO

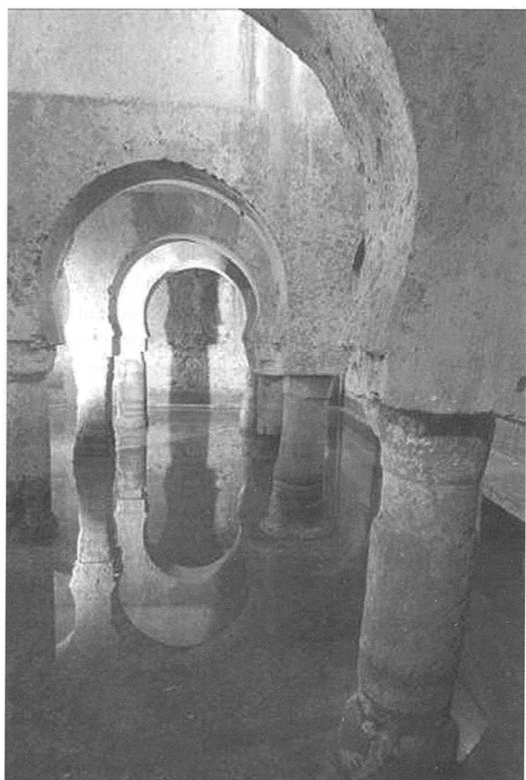


Figura 5
Arqueria perpendicular a muro SE y marca del nivel de agua alcanzado

se procedió a abrir una ventana que corta el muro NO y que rompe la fábrica de tapia. En el siglo XVI los vecinos, que tenían derecho al agua según dictado de Enrique IV, primero, y Reyes Católicos, después, la tomaban por esta ventana.

El lienzo de la nave 3 está cortado por esta ventana, posiblemente gótica en su origen (U.E0001). Tiene 0,953 cm × 0,686 cm, no es árabe, porque éstas son pequeñas, abocinadas y terminadas en arco de herradura o de medio punto. Ortí Belmonte señalaba: «El aljibe antes de construirse la fachada actual tuvo acceso directo a la calle, tomando los vecinos el agua por una ventana, y la entrada era por una puerta, hoy tabicada que daba sobre una meseta a la primera nave del aljibe, hasta que en el siglo XVIII se le abre la entrada directa a la calle.»[17] Se encuentra a 3,94 m del suelo, y a 1,43 m de la bóveda, en frente a la otra ventana (U.E 0008) que se corresponde con la antigua cocina de la Casa de los Ulloa y que actualmente es visitable.

Columnas

A efectos de la descripción se han enumerado las columnas de 1 al 12, empezando desde la más próxima a la entrada, de Oeste a Este, siguiendo el orden de cada arquería. Están muy deterioradas y parcheadas en diferentes épocas y en algunos casos de forma cuidadosa imitando al granito (UC024). De las doce, una es un ara de sección cuadrada, de granito, que se asienta a nivel de suelo. No todas llevan basa, algunas presentan toro y escocia, pero ninguna tiene plinto, algunas terminan en medio bocel.

Los fustes son cilíndricos, no todos monolíticos, pues algunos están formadas por dos tambores para alcanzar la altura deseada, con fustes de dimensión y sección irregular. Elementos reaprovechados, de igual modo que las basas y los capiteles. Los capiteles son bloques cúbicos o de traza irregular, muy desgastados y algunos pareciera que están retallados, aunque son muy toscos.

Algunas columnas presentan signos de oxidación en el fuste a la altura del nivel del agua almacenada. También muy desgastadas debido a un mecanismo de rozado permanente. Pascual Madoz en su crónica de 1846, refiere que en el aljibe se encontraban gruesas cadenas, posiblemente un sistema de poleas para la recogida del agua debido a la altura de las luceras (según argumentación de algunos autores, o bien a la utilización del espacio como prisión, también referida).

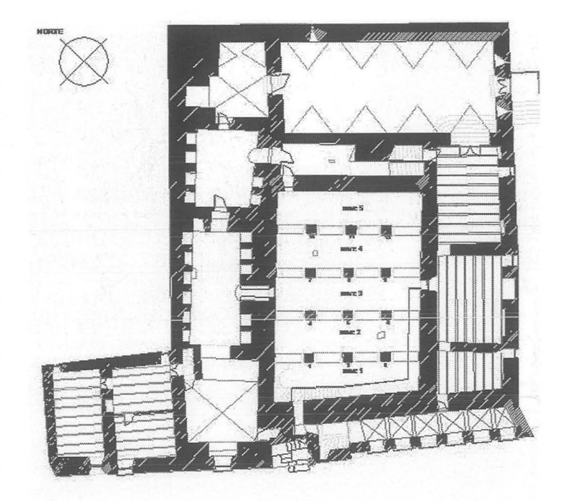


Figura 6
Planta del aljibe

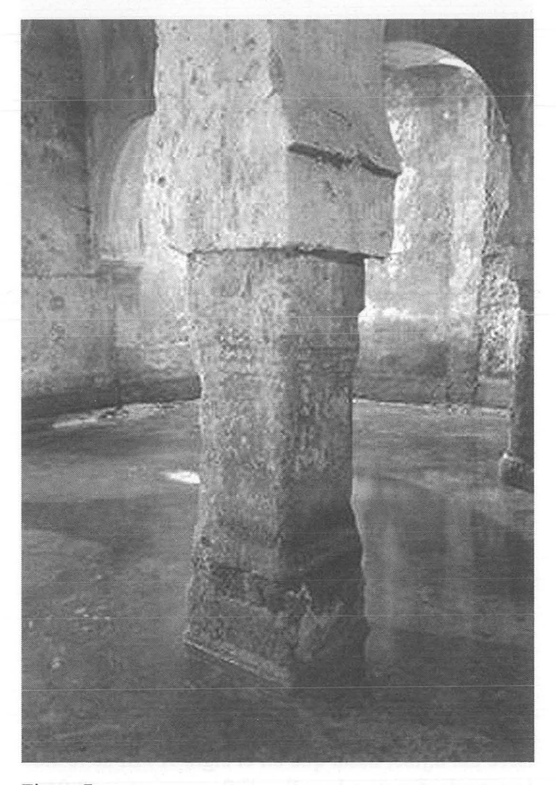
Los cimacios son de piedra y de ladrillo, revestidos con mortero de cal de espesor 15 a 20 mm, que da un resultado de 1.207 m/s en la medición ultrasónica. Las juntas de los cimacios con las columnas se han realizado a base de argamasa con arena y gravas de pequeño tamaño que termina en un revoco de color amarillento en muchos casos y en otros, los menos, de color pardo-anaranjado. También se han encontrado clavos en sus juntas.

La columna 1 (UE0024.1) de granito carece de cimacio, está compuesta de basa, fuste y capitel. La basa consta de toro y escocia, anillo alrededor del fuste de corte clásico. Diámetro de la pieza superior: 0,60 m y de la inferior: 0,70 m. Presenta una pérdida de sección entre el final del fuste y el comienzo del capitel; la altura del fuste es de 1,38 metros. Se observan concreciones calcáreas y orificio circular, de unos 4 centímetros de diámetro, en la parte Este del fuste.

La distancia entre columnas varía ligeramente, en la dirección NO-SE está alrededor de 2,15 m a 2,20 m, mientras que entre columnas dirección NE-SO (luz de las bóvedas), es de 2,45 m a 2,50 m.

Ara romana

El pilar de granito reutilizado, que se apoya sobre basa cuadrada, con fuste y capitel cuadrangular (U.E024–8), es un ara romana, posible soporte de una escultura. En la cara SE, marcas de agua a diferentes niveles, en la cara NO, líquenes y monedas adosadas a su fuste (se encuentra cerca de la pasarela


Figura 7
Ara conmemorativa (pilar 8)

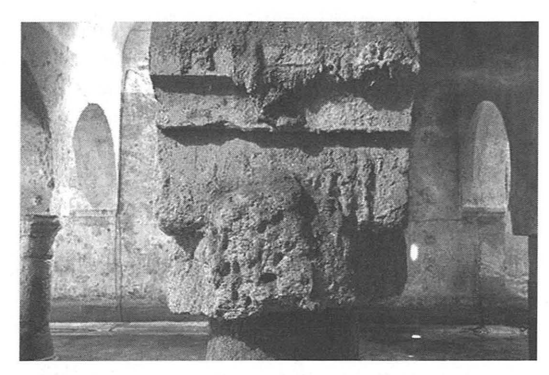


Figura 8
Cimacio con concreciones calcáreas (restos de posibles decoraciones)

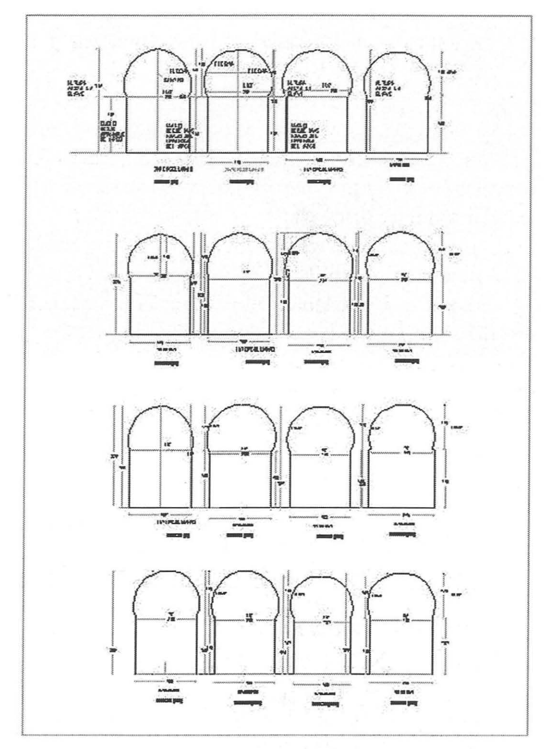


Figura 9
Arcos de herradura del aljibe

de visita). El plano de Mélida de principios de siglo no refleja la existencia de este pilar, ya que dibujó todas las secciones circulares.

Tiene una altura de 0,70 m de fuste y 0,40 m de lado y se apoya sobre una base lisa de 0,30 m de altura. Está situada de una manera que no parece casual, al centro de la planta, en un lugar destacado. Hay que tener en cuenta que las columnas parecen de expolia de origen romano, a excepción de algún capitel visigodo, muy deteriorado. No se descarta el carácter simbólico de esta pieza, con una intencionalidad en su posición predeterminada.

Los arcos de herradura

Transversalmente consta de cuatro baterías de arcos de ladrillo, y cada arquería de cuatro arcos de herradura, los dos centrales se apoyan sobre columnas y los dos laterales descargan en el muro, sobre ménsula con moldura de nacela. Este elemento también es significativo, pues no es habitual en un edificio que va a estar cubierto por el agua.

El análisis de las medidas del aljibe demuestra una gran regularidad en la obra (figura 9). Los arcos son todos de herradura, ligeramente túmidos, con leves diferencias en la forma de la rosca, flecha de gran regularidad y bastante igualdad en el intradós de la clave. Son arcos de de dos centros, y los salmeres se encuentran a diferente altura, algo inusual teniendo en cuenta que el albañil toma el nivel en forma horizontal, y al trazar el arco los pilares están constructivamente ya montados. Lo cual indica que para el trazado las medidas fueron tomadas respecto al suelo que como se ha indicado tiene pendiente inclinada hacia el SE. El arco se apoya sobre dado o zapata de voladizo y grosor más ancho que lo que soporta, sin moldura ni archivolta de coronación.

Por ejemplo las dimensiones del arco 1 son: intercolumnio: 2,05 m, luz: 2.03 m, flecha: 1,53 m, suelo: 1,82 m y clave: 3,34 m. La flecha de los arcos de herradura tienen una relación 3/4 de la luzy haciendo una comparación, se aprecia que las impostas se encuentran a 1/3·del centro.[18]

Las bóvedas y luceras

Las bóvedas son de medio cañón ligeramente peraltadas, de una sola rosca de grosor 0,43 m, cuyos es-



Figura 10
Bóveda de la nave 2. Almagras arrastradas por el agua

tribos se sustentan en los arcos de herradura, que da lugar a estancias rectangulares. La notable altura de 6 m invita a pensar en el uso de algún mecanismo, hoy desaparecido, para la recogida del agua. Veamos:

UE026 (1): esta unidad se corresponde con la bóveda de la primera nave que tiene en la clave una lucera de ladrillo cegada por una losa de piedra. Tiene un acabado tan liso en algunos tramos que sugiere que fuera de piedra en lugar de ladrillo. Se aprecia una fractura en el centro de la bóveda que es semejante a la que encontramos en el suelo de la primera nave. Podría ser estructural o relacionada con movimientos sísmicos. Pintada con pigmento anaranjado y pardo-ocre, de color casi asalmonado, que podría corresponderse con el del color original de la almagra.

UE026 (2): esta bóveda de la segunda nave conserva dos luceras cuadradas, una de ellas se corresponde con el brocal del pozo del patio que está debajo de la escalera principal. Se observan calcificaciones grises y marrones oscuras, en variados pegotes. Las escorrentias de la bóveda sugieren que ha estado expuesta al agua durante tiempo continuado.

UE026 (3): en esta bóveda de la tercera nave hay una lucera tapiada con grandes pizarras.

UE026 (4): La bóveda de ladrillo, de la cuarta nave, presenta tres luceras y un pequeño hueco entre la arquería y la bóveda. Actualmente por una de sus luceras el aljibe recibe agua y luz, a través de una rejilla.

UE026 (5): Bóveda de la quinta nave con tres huecos. Presencia de musgos y líquenes y polimorfos de carbonato cálcico.

Las bóvedas no han sido intervenidas, a excepción de las luceras, posiblemente debido a su altura. Sobre las bóvedas 1 y 2 descansa la ampliación de la casa llevada a cabo durante el siglo XVIII, etapa de reducción del patio y cegado de las luceras, restando luz y también agua al aljibe.

Los enlucidos

Se efectuaron varias catas (18 muestras en total), para conocer las características de los morteros de junta, de los enlucidos de los muros y arcos, posibles pinturas.

En la observación macroscópica los morteros tienen granos de áridos finos, nódulos de cal sin hidratar, arcillas, cenizas y fibras vegetales en su composición. Se planteaba la hipótesis de que tratándose de una obra árabe, se habría usado yeso. Sin embargo, los análisis por IRFT (espectroscopia de infrarrojos por transformada de Fourier) confirmaron la presencia de cal en todas las muestras. Lo cual implica el conocimiento de una tecnología diferente a la del yeso, por el lento endurecimiento de la pasta que se puede extender a varios meses, a lo cual se añade que su aplicación en un recinto de escasa ventilación, no habría facilitado su carbonatación.

Por otro lado, la presencia de una moldura de cal aplicada sobre el enlucido también de cal de un arco de la nave 2 (figura 11), plantea la hipótesis de que el aljibe tenía decoraciones. La causa por la que no se han documentado en estudios anteriores, podría basarse en que la desaparición de las molduras se produjo hace siglos, a causa de una erosión hídrica.[19]

La moldura de superficie irregular tiene 50 a 60 mm de ancho por 45 mm de espesor y presenta una capa de tierra en la interfase de adherencia, a la fábrica de ladrillos de 4 cm de grueso con juntas de mortero de cal de 2 cm de espesor. La muestra presenta una baja dureza superficial (43,33 U Shore C), velocidad a ultrasonido de 1.103 m/s que indica que es menos compacta que la aplicada a los cimacios, y un alto coeficiente de absorción de agua, 36,86 %. El mortero liso está hecho en base a tres capas según el análisis microscópico, de 15 a 16 m de espesor.

El estudio detallado del espectro detectó, un complejo carbonato, fundamentalmente una dolomía (carbonatos de calcio con magnesio, hierro y manganeso), y otro compuesto tipo arcillosos fundamenta-



Figura 11
a) Cara vista de la muestra con moldura decorada

do en aluminosilicatos y filosilicatos de magnesio hidratado. El espectro en color rojo de la fig. 12 es el del mortero de la moldura, que se corresponde totalmente con un patrón de carbonato cálcico. Igualmente, el espectro de color azul corresponde al mortero liso. Las diferencias entre uno y otro radican en el contenido de arcillas, más en el mortero liso.

Capacidad de almacenamiento

El aljibe de la Casa de las Veletas está construido a un nivel inferior respecto a la calle, que por depresión natural del terreno aumenta de Oeste a Este y todo él rodeado de sótanos. La orientación de los lados es NE-SO, los dos menores y NO-SE los dos mayores. Tiene la entrada actual por el SO. La planta es rectangular en tres de sus lados y sus medidas

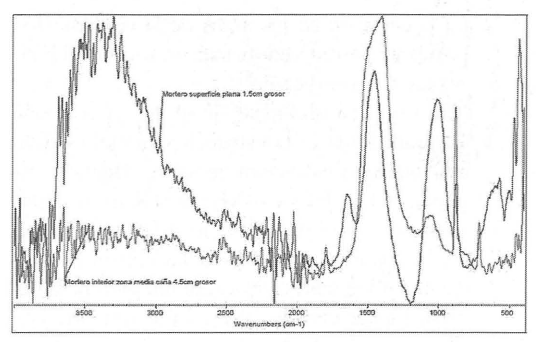


Figura 12
Espectro de la moldura que se corresponde totalmente con un patrón de carbonato cálcico (rojo), y el mortero liso (azul)

son: lado NE: 9,88 m, lado SO: 10,17 m, lado SE: 13,50 m, y lado NO: 14,30 m. La altura general es de unos 6,10 metros. La capacidad de agua almacenada es de unos 700 m^3 totalmente lleno.

Como se ha indicado antes, la banda horizontal oscura que aparece en todo el perímetro del recinto, es el nivel del agua que el aljibe tuvo en determinado momento, dejando marcas también en el zócalo, en la base y fuste de los pilares. Sin embargo, llama la atención que no existan marcas intermedias acentuadas, por lo que dicho almacenamiento se registró de forma permanente durante buen tiempo.

En la erosión hidrica confluyeron varios factores, aparte de la acción del impacto del agua de lluvia desde las luceras, al permanecer los arcos sumergidos hasta una altura de 3,60 m (nivel marcado), produjo una desagregación de los morteros de cal y desmoronamiento de la molduras.

Conclusiones

La lectura muraria con el aporte de la documentación histórica, planimétrica y de caracterización de materiales, permite aportar la siguiente secuencia evolutiva del inmueble:

- El aljibe fue construido inicialmente sin bóvedas, o al menos con otro techo; justificada por la impronta que recorre la totalidad de los muros NO y SE, por encima de la cota conservada de la primera fase constructiva.

- La decoración en los arcos de la construcción primitiva permite confirmar un uso no hidráulico de la construcción.
- Una gran reforma puso fin al uso para el que fue concebida la construcción inicial, siendo convertida la estructura en aljibe. Hacia la segunda mitad del siglo XII, se sellan las juntas murarias, bocel y escocia, los lienzos NO y SE son recrecidos y se cierran las esbeltas bóvedas. Posiblemente a esta fase también pertenece la puerta cegada, el arco por tranquil y el primer tramo de la escalera de acceso sobre dos arcos ciegos de ladrillo.
- Tras años de abandono el edificio retoma su uso como aljibe, siendo utilizado para abastecer a la población a fines del siglo XV, momento en el que se construyó sobre los restos de la arruinada alcazaba almohade, la casa fuerte con autorización regia de Enrique IV.
- Entre los siglos XVI y XVIII, la antigua casa fuerte bajomedieval se convierte en palacio dando lugar a la actual Casa de las Veletas. Siguiendo la normativa real, los vecinos de Cáceres pueden seguir abasteciéndose del aljibe, al que acceden por una puerta creada con tal fin, hoy desaparecida. En la esquina Norte del aljibe se construyó una pequeña estancia separada totalmente del resto, quizás para diferenciar el agua accesible al vecindario de la exclusiva de los propietarios de la casa.
- Finalmente, después del «descubrimiento» de la edificación y etapa de abandono, el aljibe fue sometido a diversas reparaciones y reformas, fruto de las obras realizadas durante la primera mitad del siglo XX, algunas de ellas encaminadas a convertir la Casa de las Veletas en Museo Provincial. Se elimina la estancia existente en la esquina Norte y se dota de un acceso escalonado de acceso al recinto.

Notas

1. Torres Balbás, L.: *Cáceres y su cerca almohade*, 466.
2. Capítulo IV del Fuero de la Villa.
3. *Memorial de Ulloa*. [1675] 1982, 184.
4. Ortí Belmonte, M. A. 1954. *Guías Artísticas de España*, 1954.
5. A.H. Leg 114/17. Papeles del convento de San Pablo L.I.N.º 8.
6. Boxoyo, S. B. : *Historia... op. cit*., 64.
7. Pérez y Díaz, Nicolás. 1887. *España, sus Monumentos y Artes, su Naturaleza e Historia (Badajoz y Cáceres).*
8. Planimetría realizada por el Laboratorio de Fotogrametría Arquitectónica la Universidad Politécnica de Valladolid. 1997.
9. Mélida, J.R. 1924. *Catálogo Monumental de la Ciudad de Cáceres,* 233–234.
10. Ortí Belmonte M.A. 1933. *Memoria del Estado Actual de la Inauguración en 12 de febrero de 1933.* Museo Provincial de Bellas Artes de Cáceres, 2–3.
11. Torres Balbás, L. *Cronología Arqueológica de la España Musulmana,* 154–155.
12. Pavón Maldonado. 1990. 32–33.
13. Arqveocheck S.L. 2008. *Memoria de la Lectura de Paramentos del Aljibe de la Casa de las Veletas (Cáceres),* inédito.
14. Madoz, Pascual. [1846] 1946. *Diccionario Histórico-Geográfico de Extremadura.*
15. Museo Provincial de Bellas Artes de Cáceres: Obras realizadas por Arquitecto Menéndez Pidal, Años 30.
16. Se ha solicitado al Archivo Alcalá de Henares el proyecto de reforma pero no nos ha sido remitido a la finalización de este trabajo. Pero estas notas aparecen en las actas del Museo Casa de las Veletas.
17. Ortí Belmonte, Miguel A. 1954. *Cáceres y su provincia. Guía Artísticas de España.*
18. Villanueva L., Vela F. 2005. *The Horseshoe Arch in Toledo.*
19. Bustamante R., Cabezas M, Gibello V. 2009. «Moldura de cal de los arcos de herradura del aljibe de la Casa de las Veletas de Cáceres, España». *Revista electrónica Nº 6 (marzo 2009) ReCoPaR,* Madrid.

La tecnica costruttiva del laterizio nel centro storico di Città Sant'Angelo (Italia)

Carlos Cacciavillani
Nina M. Margiotta
Claudio Mazzanti

In una zona collinare della regione Abruzzo, a pochi chilometri dal Mar Adriatico, si trova il borgo storico di Città Sant'Angelo; le origini di tale insediamento sono ancora oggi incerte poiché esistono pochi documenti precedenti al 1239, quando fu completamente distrutto per volere di Federico II, a seguito di una rivolta contro il suo potere.

A partire dall'anno successivo, si permise il ritorno sul colle dell'antica *civitas* ma con l'obbligo di concentrare la popolazione in tre distinti nuclei, con lo scopo di scongiurare il pericolo di una nuova insurrezione. La ricostruzione ebbe inizio vicino ad alcuni rilevanti nuclei religiosi, come le chiese di San Michele Arcangelo, San Francesco, Sant'Agostino, San Bernardo e il Monastero di Santa Chiara, intorno a cui sorsero le nuove edificazioni realizzate con la tecnica costruttiva del laterizio, adottando schemi tipologici e costruttivi molto uniformi. Nel corso dei secoli successivi il tessuto urbano residenziale subì notevoli trasformazioni, però oggi si conservano ancora alcuni cortili di epoca medievale all'interno di costruzioni private. A partire dal XVII secolo si costruirono nuovi importanti edifici; il sistema costruttivo con l'uso del mattone, che nel XIII secolo aveva contraddistinto la riedificazione del borgo, fu tramandato fino al XIX secolo e caratterizza tutte le architetture di maggiore pregio (figura 1) del nucleo urbano storico.

L'invasione francese del 1799 ha comportato la perdita pressoché totale dei documenti anteriori a tale data, relativi a Città Sant'Angelo, rendendo molto difficile la conoscenza delle vicende storiche legate allo sviluppo urbano. Di grande interesse risulta essere, pertanto, lo studio delle tecniche costruttive di questi edifici; tale analisi è incentrata sullo studio della grande varietà tipologica di mattoni e di altri tipi di pezzi usati. L'indagine si basa sulla conoscenza morfologica delle soluzioni addotte, relativamente alle dimensioni, alle giunzioni e al tipo di apparecchio murario utilizzato nel corso dei secoli, esaminando elementi costruttivi molto diversi che, con differente grado di conservazione, tuttora permangono, quali i paramenti, le aperture, le modanature e gli elementi decorativi. Le particolarità costruttive e cromatiche delle differenti soluzioni studiate permettono di identificare e datare i processi di esecuzione.

Da accurati rilievi svolti sulle murature degli edifici più antichi, si traggono alcune indicazioni: i mattoni utilizzati nelle fabbriche medievali sono caratterizzati da variabilità dimensionale e lavorazione non molto accurata, hanno grandi spessori, in genere 6–6,5 cm e comunque sempre superiore ai 5 cm.

Per il convento di San Francesco le murature sono state rilevate in tre punti diversi, individuando mattoni di lunghezza superiore ai 30,5 cm, che raggiungono in alcuni casi i 33 cm, e spessori tra i 5,5 ed i 6,5 cm.

La stessa cosa si riscontra sul prospetto laterale della chiesa di San Bernardo, nella parte trecentesca sopravvissuta al rifacimento di fine settecento: la lunghezza dei mattoni è mediamente 30 cm, mentre l'altezza non scende al di sotto dei 6 cm. Queste mi-

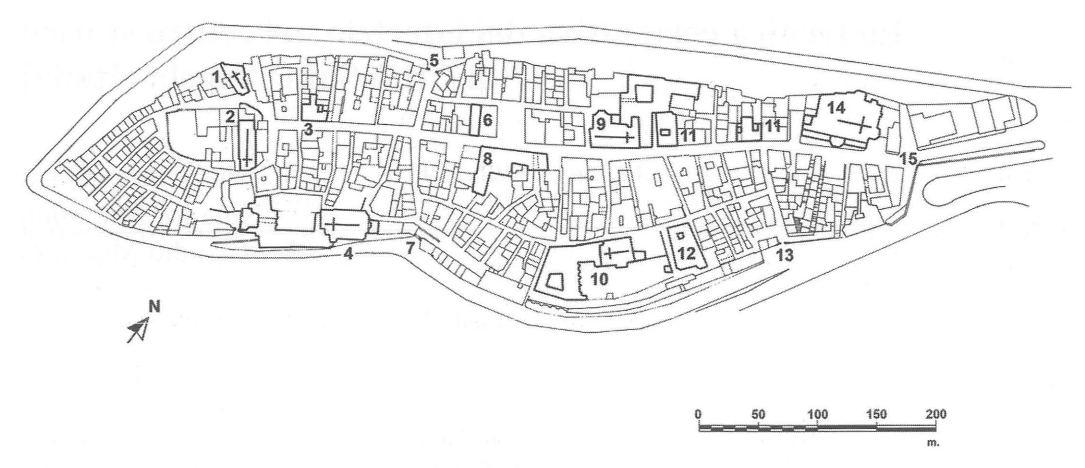


Figura 1
Città Sant'Angelo. Planimetria del centro storico con individuazione degli edifici più importanti: 1– S. Salvatore; 2– S. Agostino; 3. palazzo Castagna; 4– S. Bernardo; 5– Porta Licinia; 6– Corpus Domini; 7– Porta S. Egidio; 8– palazzo Baronale; 9– S. Francesco; 10– S. Chiara; 11– cortile medievale; 12– Palazzo Ghiotti; 13– Porta S. Antonio; 14.– S. Michele Arcangelo; 15. Porta Sant'Angelo

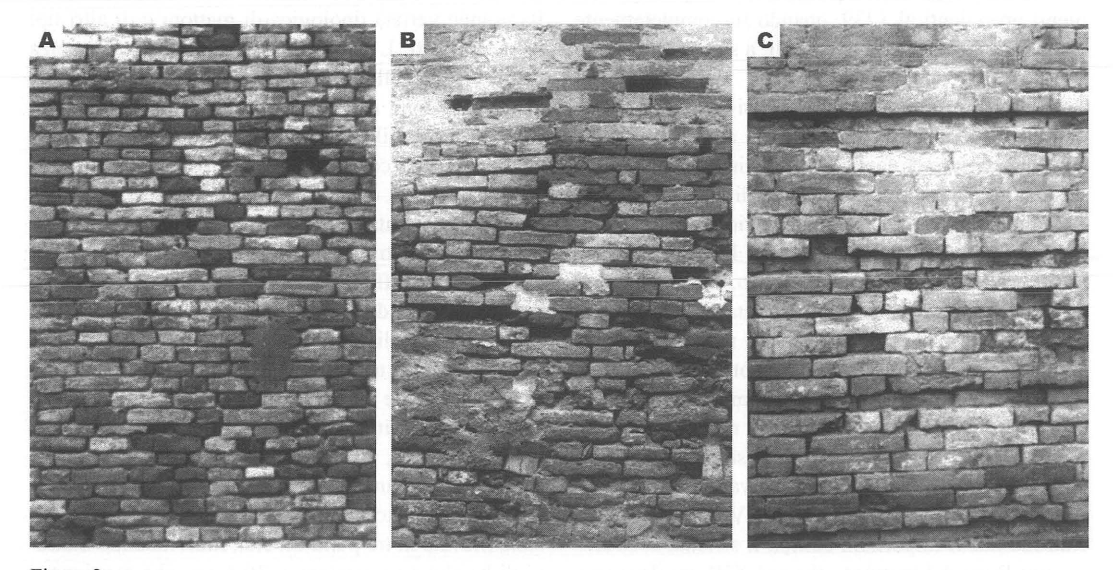


Figura 2
Città Sant'Angelo. Differenti tipi di muratura: A– Convento di S. Francesco; B– Convento di S. Bernardo; C– Palazzo Basile

sure corrispondono a quelle usate nello stesso periodo nella zona (Varagnoli 1992, 152) ma, in generale, si può affermare che, come nel resto della penisola italiana, anche in Abruzzo si verifica una progressiva diminuzione delle dimensioni dei mattoni tra il medioevo e il settecento (figura 2).

Altro aspetto caratterizzante la muratura medievale in mattoni è l'estrema varietà coloristica del materiale

utilizzato. Tale carattere può dipendere da tre fattori: dalla quantità di ferro presente nell'argilla, dalla quantità di ossigeno e dalla temperatura raggiunta nei forni (Menicali 1992, 68). Poiché si suppone che l'argilla venisse estratta localmente, quindi con una composizione uniforme, si può ipotizzare che siano stati proprio i rudimentali processi di cottura la causa dell'effetto riscontrato; nei secoli successivi, invece, col perfezionarsi dei sistemi produttivi, i mattoni utilizzati presentano un colore uniforme, maggiore regolarità dimensionale e precisione della forma e ciò permette una datazione approssimativa delle murature. Queste discrepanze tra i materiali di diverse epoche appaiono evidenti soprattutto in quegli edifici medievali che hanno subito rimaneggiamenti settecenteschi, come la chiesa di San Bernardo.

Oltre alle chiese e ai conventi citati, esistono ben poche altre costruzioni chiaramente riconducibili all'età medievale: si tratta di qualche abitazione dove sono ancora leggibili, oltre ai suddetti caratteri materici e metrici, anche aspetti stilistici tipici dell'epoca.

Un evento rilevante per Città Sant'Angelo, dal punto di vista architettonico ed urbanistico, è la costruzione, a partire dall'inizio del XVII secolo, del convento di San Bernardo,[1] che nel 1650 doveva essere già stato costruito per metà (Bartolini Salimbeni 1984, 138).

La data di realizzazione di questo edificio è nota, ciò suggerisce una serie di considerazioni sulla morfologia dei mattoni utilizzati; questi, pur continuando ad essere caratterizzati da una lavorazione imprecisa, individuabile sia nell'irregolarità della forma che nel colore, si attestano su uno spessore di 5 cm, in pochi casi anche 5,5 cm; lo spessore di 5 cm si riscontra anche in opere presumibilmente coeve, come la residenza signorile situata nei pressi della chiesa di Sant'Agostino, o sicuramente contemporanee, come il palazzo baronale. Quest'ultimo fu costruito prima del 1648, poiché venne acquistato insieme al feudo dalla famiglia Pinello, anche se presumibilmente ha subito il rifacimento della facciata principale nella seconda metà del '700. Si tratta del primo grande palazzo costruito in un tessuto precedentemente caratterizzato da cellule abitative più modeste.

Le dimensioni dei mattoni di questo edificio non sono facilmente rilevabili per via del totale rivestimento ad intonaco, ma grazie ad alcune lacune è possibile verificare che in un muro laterale lo spessore dei mattoni è di 5 cm nella totalità degli elementi visibili; la facciata principale, invece, sembra databile all'ultimo trentennio del XVIII secolo poiché i mattoni sono molto sottili con uno spessore medio di 4 cm o poco più, come tipico di questo periodo.

Nelle nuove costruzioni realizzate a partire dal XVII secolo si continuano a trovare mattoni di lunghezza elevata, mai inferiore a 30 cm e che arriva spesso anche a 32,5 cm, con una larghezza che risulta variabile tra 11–13 cm. La chiesa di Santa Chiara, databile al primo trentennio di questo secolo (Bartolini Salimbeni 1993, 198), presenta mattoni di dimensioni 30–32,5 × 12 × 5,5 cm.

A metà del XVIII secolo i mutamenti di tipo sociale sono determinanti per la struttura urbana e per i singoli episodi architettonici della città; in questo periodo infatti si assiste all'ascesa della nuova classe sociale composta dai funzionari e all'affermazione della borghesia agraria. L'edificazione delle residenze avviene attraverso due modalità: la costruzione di nuovi edifici su spazi liberi e l'accorpamento di piccole e grandi preesistenze. Le famiglie più facoltose acquistarono interi isolati a ridosso del corso principale, che ormai rappresentava la zona più rappresentative della città. La tipologia del palazzo, infine, sottolinea in modo inequivocabile il potere della famiglia committente, accentuando il divario tra questo tipo di residenza e la piccola edilizia circostante. In genere negli edifici signorili il piano terra è destinato alle funzioni di servizio e vi sono i magazzini, le botteghe e le stalle, mentre i piani superiori sono adibiti ad abitazione.[2] A volte vengono occupati interi isolati, come ad esempio palazzo Coppa Zuccari, residenza della più facoltosa famiglia del paese a metà del '700 che occupa l'intero lotto; più usuale però è un intervento limitato ad un intero fronte dell'isolato.

I palazzi Imperato e Castagna sono realizzazioni significative dell'architettura dell'epoca relativamente all'uso del mattone, poiché sono gli unici due edifici settecenteschi di Città Sant'Angelo che hanno conservato la facciata originale senza alcun tipo di rivestimento, né sembrano essere stati sottoposti a restauri e modificazioni successive. Nella muratura di palazzo Imperato i mattoni utilizzati presentano una lunghezza di 30 cm circa, una larghezza compresa tra i 12 ed i 13 cm ed uno spessore di 4 cm per cui risulta una cortina caratterizzata da filari molto bassi e con una certa regolarità. La stessa cosa si riscontra in palazzo Castagna, chiaramente derivato dall'accorpa-

mento di costruzioni preesistenti, a cui fu data una facciata unitaria sicuramente in un periodo compreso tra il 1750 e il 1780. Anche qui infatti i mattoni utilizzati per la facciata presentano una lunghezza di 30,5–31 cm ed uno spessore in genere di 4,5 cm, che sporadicamente arriva quasi a 5,5 cm.

Nella coeva architettura religiosa si possono individuare ulteriori riscontri dimensionali e temporali, in particolare nella ricostruzione di gran parte della chiesa di San Bernardo e nel rifacimento della chiesa di S. Agostino. I lavori di rifacimento della chiesa di San Bernardo avevano lo scopo di adeguare l'edificio al nuovo fabbricato del convento attiguo, ormai ultimato, sostituendo la precedente chiesa, presumibilmente a tre navate, con un nuovo impianto più solenne. I lavori ebbero inizio intorno al 1770 e la nuova chiesa conservò, quasi intatta, una porzione della parete destra della preesistente chiesa medievale, ancora oggi visibile e riconoscibile dalle monofore occluse e dai due archi ogivali (Bartolini Salimbeni 1984, 140–141). A causa della compresenza di due murature realizzate a distanza di molto tempo, risultano ancora più evidenti le differenze dimensionali: la nuova facciata infatti presenta mattoni lunghi 31 cm e il cui spessore, secondo il modulo tardo settecentesco, è nella maggior parte dei casi di 4,5 cm. L'attribuzione del progetto è incerta.

Lo stesso problema di attribuzione si presenta per il rifacimento della chiesa di Sant'Agostino, databile intorno al 1789, data forse della fine dei lavori in muratura poiché a quest'anno risale anche l'accordo per la realizzazione degli elementi decorativi in stucco all'interno (Battistella 1989, 123).

La facciata attualmente si presenta intonacata, ma un'attenta analisi del lato nord, dove doveva trovarsi l'ingresso trecentesco (Bartolini Salimbeni 1975, 23), consente di analizzare i mattoni utilizzati per la costruzione della stessa nel punto in cui essa si sovrappone alla preesistenza ricoprendone lo spigolo; qui i mattoni presentano una lunghezza di 30 cm ed un'altezza di 4,5 cm. La costanza di queste misure permette di affermare che durante tutta la seconda metà del 1700 si siano utilizzati mattoni di spessore non superiore ai 4,5 cm e di lunghezza comunque elevata, intorno ai 30–31 cm. La datazione, infine, di Porta Sant'Egidio intorno alla fine del XVIII secolo (D'Arpizio e Gabriele 1991, 46) è confermata dalle misure dei mattoni utilizzati: lunghezza 30 cm, larghezza 12 cm e altezza 4,5 cm.

Il XIX secolo, come testimoniato dalla discreta quantità di documenti d'archivio conservati, è stato per la città un periodo di profondi mutamenti, per le varie rivolte di tipo politico, di cui essa si è resa più volte protagonista, e per mutamenti di carattere sociale che hanno influito ancora una volta sull'assetto urbano. Verso la metà del secolo vengono realizzate molte opere pubbliche: nel 1845 si iniziano i lavori per aprire la nuova porta in fondo al Vallone S. Antonio poiché fino ad allora non vi erano accessi intermedi tra la Porta Sant'Angelo e la Porta Sant'Egidio. I lavori vengono affidati all'architetto Emiddio Giampietro che pochi anni dopo, nel 1856, progetta il Teatro Comunale. I caratteri dei mattoni utilizzati in queste due realizzazioni ci rivelano il rapido evolversi della tecnica produttiva del laterizio in pochi anni: nella Porta Sant'Antonio i mattoni sono caratterizzati già da una certa regolarità con spessori di circa 5 cm, lunghezza di 27–27,5 cm e larghezza di 13 cm. La varietà coloristica, insieme ad una serie di imprecisioni, denota tuttavia una lavorazione ancora artigianale, sia nella fase della formatura che in quella di cottura. Il Teatro Comunale, edificato solo un decennio dopo, presenta una muratura uniforme e laterizi molto regolari con misure standardizzate di 26 × 13 × 5,5 cm; in questo caso si ravvisa chiaramente una materiale prodotto con procedimenti industriali, modellato meccanicamente e sottoposto a cottura a ciclo continuo.

Elementi architettonici e tecniche costruttive

Nel centro storico di Città Sant'Angelo le residenze signorili corrispondono alla tipologia del palazzo nato come organismo unitario, ma anche a quella detta «casa palazziata», derivata dall'accorpamento e dalla trasformazione di costruzioni preesistenti. Al primo tipo appartengono palazzo Basile, palazzo Imperato, parzialmente palazzo Coppa-Zuccari e palazzo Ghiotti, risalente al 1880 circa. Il secondo tipo, invece, è più diffuso e trova la propria peculiarità nella realizzazione, sulla strada più importante, di nuove facciate monumentali, al di là delle quali si cela il tessuto originario costituito da minute cellule di origine medievale. E' il caso, ad esempio, dei palazzi Castagna e Maury in cui dietro il prospetto unitario c'è una struttura eterogenea: il cortile interno, fulcro

della nuova unità abitativa, appare il risultato di interventi di riadattamento, come indicato dalla disposizione della scala che in entrambi questi edifici è realizzata in modo da adeguarsi agli ambienti preesistenti.

Vi sono poi altri palazzi di Città Sant'Angelo che hanno integrato la preesistenza alla nuova costruzione, come nel caso di palazzo Crognale e di palazzo Colella, nei quali l'assenza di un cortile interno ha permesso di creare ingressi autonomi, connotati comunque da caratteri di rappresentatività. La trasformazione delle preesistenze doveva, dunque, essere una pratica piuttosto frequente sin dal XVI secolo. Un caso completamente diverso è costituito dai palazzi di origine feudale, come il palazzo Baronale, poiché in questo edificio, oltre agli ambienti per la residenza, dovevano esserci gli alloggi della servitù, ai quali si aggiungevano agli spazi per la conservazione dei prodotti agricoli, provenienti dai possedimenti terrieri, e le stalle per gli animali. Il palazzo Baronale, pur avendo una facciata settecentesca unitaria, è costituito da più corpi di fabbrica articolati intorno a due cortili che lo rendono un organismo eterogeneo, oltretutto rimaneggiato più volte con interventi di adeguamento.

Attraverso l'analisi della muratura di questi edifici, soprattutto nei casi in cui essa risulta ancora visibile nel suo stato originario, è possibile ricavare una serie di informazioni sulle tecniche costruttive utilizzate e sulla datazione. La corretta realizzazione di una muratura in mattoni si svolgeva con l'ausilio di lenze, fili di canapa posti fra loro ad una distanza pari allo spessore del muro, in modo da fornire una guida nella costruzione in elevazione, con l'utilizzo anche di lenze verticali disposte a piombo, soprattutto nella realizzazione degli angoli interni e dei cantonali (figura 3).

Nelle murature medievali spesso manca tale precisione esecutiva soprattutto per quel che riguarda la perfetta verticalità delle pareti: nel muro esterno orientale dell'ex-convento di San Francesco, ad esempio, sono visibili bombature ed ondulazioni della parete, sintomo di una non corretta posa in opera; questo, però, era dovuto probabilmente anche al fatto che si trattava di parti dell'edificio non rappresentative e, quindi, eseguite in maniera frettolosa o poco attenta.

In generale nella penisola italiana, partire dal XII secolo si era avuta una ripresa dell'attività costruttiva, caratterizzata anche da una migliore qualità delle opere architettoniche, soprattutto negli edifici ecclesiastici oggetto di maggiore cura da parte delle maestranze. Le chiese di San Francesco e San Michele a Città Sant'Angelo, risalenti al tardo Medioevo, mostrano generalmente una buona fattura delle murature e dei dettagli architettonici nella parte terminale dell'edificio, dove ci sono modanature ed archetti pensili realizzati sempre in mattoni.

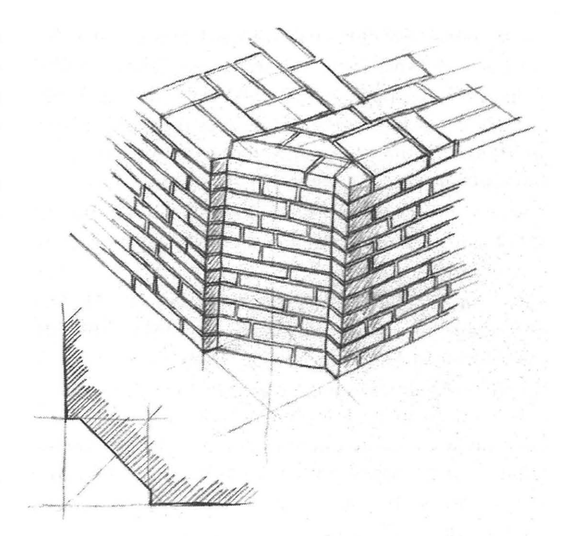


Figura 3
Città Sant'Angelo. Palazzo in via del Sole. Caratteristiche costruttive del cantonale

A Città Sant'Angelo sono presenti pochissime architetture costruite tra il XVI e l'inizio del XVII secolo; per questo intervallo di tempo non si ha notizia di nuove realizzazioni di chiese o altri edifici importanti, mentre gli edifici per abitazione sono stati quasi tutti trasformati nel corso del XVIII secolo. Il convento di San Bernardo, poi palazzo Coppa, realizzato sicuramente tra il 1600 ed il 1650, presenta un'apparecchiatura muraria molto regolare, caratterizzata da un mattone posto di taglio ogni tre posti di costa. Il medesimo impianto si ritrova nel palazzo attiguo alla recinzione settentrionale dello stesso convento

Il panorama settecentesco appare molto più interessante, sia per la quantità di realizzazioni, sia per la varietà degli esempi. Tra i palazzi per i quali è ancora possibile analizzare la conformazione della muratura esterna, sicuramente gli esempi più importanti sono

costituiti dai già citati palazzi Castagna e Imperato. Pur essendo quasi coevi, questi due edifici presentano nette differenze nella qualità dell'apparecchiatura muraria. Nel primo è riscontrabile una forte irregolarità dei ricorsi con preponderanza dei mattoni posti di testa e con la presenza anche di elementi riciclati da preesistenze e riconoscibili per la diversità dimensionale. A causa di successivi interventi operati a più riprese e visibili in molti punti, la tessitura muraria non è del tutto leggibile; comunque si tratta di certo di una facciata realizzata con carattere unitario utilizzando anche una preesistenza.[3] Per Palazzo Imperato invece fu riedificata un'intera testata del lotto, per cui la cortina muraria si presenta più regolare con un'apparecchiatura costituita da mattoni alternati di testa e di taglio.

Altri edifici chiaramente settecenteschi sono presenti in tutto il centro storico, ad esempio palazzo Sozj ed alcuni edifici posti su via del Sole; tali costruzioni sono facilmente riconoscibili sia dalle caratteristiche dimensioni dei mattoni, che oscillano fra 4 e 4,5 cm di altezza ed appaiono molto schiacciati, sia dalla posa in opera definita da un'accentuata orizzontalità dei ricorsi, con molti mattoni disposti di taglio.

Nel secolo successivo le murature appaiono più regolari, sia nell'assemblaggio, sia nelle caratteristiche dimensionali con una progressiva diminuzione della lunghezza ed un aumento dello spessore dei mattoni, che appaiono quasi identici a quelli odierni.

Le apparecchiature murarie seguono sempre precise regole geometriche: dalla muratura di palazzo Basile, per la parte rifatta nel 1836, agli esempi della seconda metà dell'Ottocento, come palazzo Colella, la cui parte basamentale presenta mattoni interamente di taglio, oppure il Teatro Comunale dove l'ingresso è costituito da una parete interamente realizzata con mattoni posti di testa, o ancora palazzo Ghiotti nel quale l'alternanza dei mattoni di testa e di taglio segue un disegno geometrico tale da sfalsare i filari contigui soltanto di mezza testa.

Aperture

Il tema delle aperture riveste un'importanza fondamentale nelle costruzioni in laterizio, perché contribuisce ad esprimere il carattere aulico dell'architettura dei palazzi nobiliari. A tal proposito è utile analizzare la tecnica costruttiva dei due sistemi più frequentemente utilizzati negli edifici analizzati: l'arco e la piattabanda. Quasi mai sono presenti elementi lapidei come architravi monolitici ed è molto più frequente invece, soprattutto nei portali, la presenza di strutture in laterizio rivestite con intonaco quasi a «simulare» la presenza della pietra.

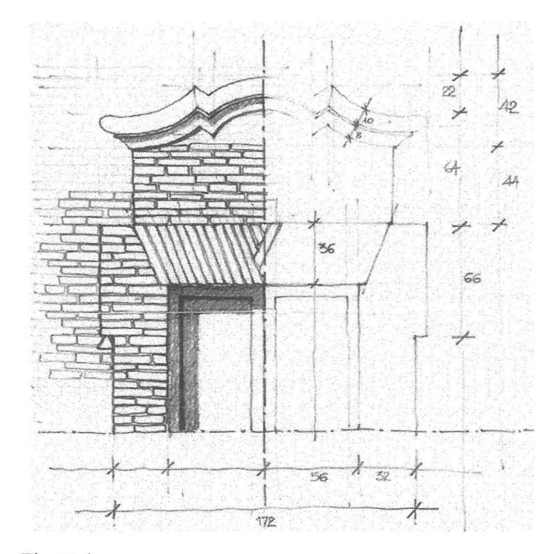


Figura 4
Città Sant'Angelo. Palazzo Castagna, finestra, particolare della piattabanda

La soluzione più frequente nelle finestre è quella con la piattabanda, costituita da una sorta di arco con superficie inferiore piana, i cui singoli conci convergono verso un punto sull'asse medio del vano, in modo tale che l'azione del loro stesso peso e dei carichi superiori ne assicuri la connessione e l'equilibrio. In realtà negli edifici di Città Sant'Angelo vi sono almeno due tipi diversi di piattabanda: il più frequente è quello costituito da sequenze di mattoni disposti paralleli fra loro secondo due giaciture simmetriche inclinate, che conformano le due metà della piattabanda nel mezzo della quale lo spazio residuo è costituito da un cuneo triangolare, realizzato sempre con gli stessi mattoni, che garantisce la stabilità. Esempi di questa soluzione si trovano nel convento medievale dei Francescani, nei palazzi Castagna (figura 4) e Imperato, oltre che in vari altri edifici settecenteschi.

L'altro tipo di piattabanda è quello che presenta il concio di chiave centrale verticale ed i conci laterali convergenti verso un punto posto nel mezzo dell'a-

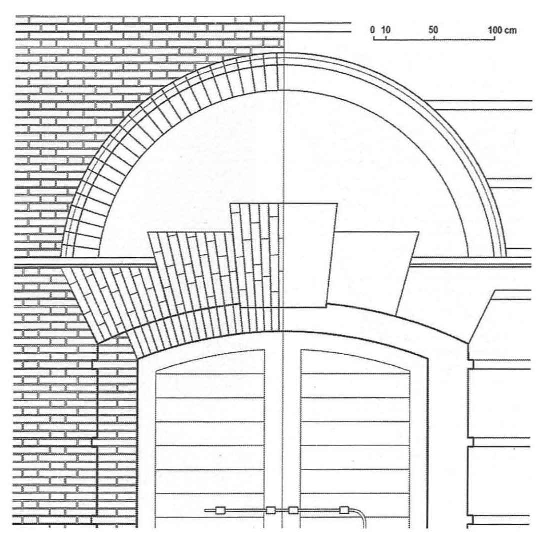


Figura 5
Città Sant'Angelo. Palazzo Basile, portale, particolare della piattabanda

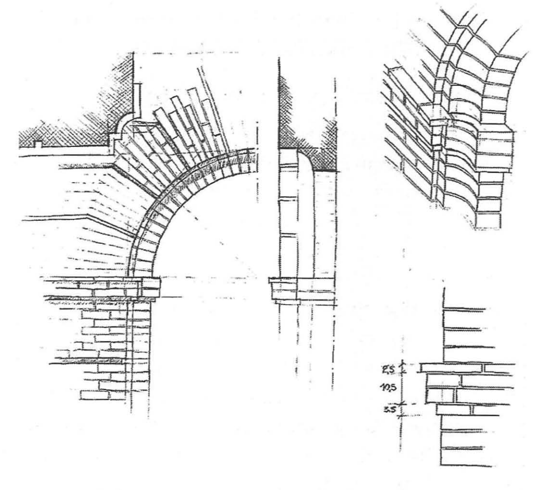


Figura 6
Città Sant'Angelo. Palazzo Sozj, portale

pertura.[4] Si tratta di un tipo di piattabanda più regolare presente sia in edifici settecenteschi come palazzo Sozj, che ottocenteschi come palazzo Basile (figura 5) e palazzo Ghiotti.

Per quel che riguarda gli archi, invece, gli esempi più frequenti negli edifici considerati sono quelli a tutto sesto, soprattutto nei portali (figura 6) e raramente nelle finestre, e solo in alcuni casi a sesto ribassato, come avviene in palazzo Crognale.[5]

I portali, in genere sono costituiti da archi a due teste, non avendo luci che richiedano uno spessore maggiore. Nei casi più semplici il portale ha un lieve risalto rispetto alla parete e gli unici motivi decorativi sono costituiti dalle modanature, che evidenziano l'imposta dell'arco, e dal concio di chiave che sporge leggermente. A tale struttura di base si aggiungono elementi decorativi, come i profili sagomati, realizzati con pezzi speciali, che fanno risaltare la presenza dell'arco rispetto alla parete, oppure l'arco si presenta ribattuto sul muro con un altro simile o a sesto ribassato. Nei casi più elaborati il portale fa parte del sistema bugnato che caratterizza il piano terra o la parte centrale dell'edificio, per cui il sistema radiale del portale si estende fino ad incontrare i corsi orizzontali della parete.

In alcuni esempi le aperture sono inquadrate da membrature verticali, come paraste o semplici fasce, che fanno parte del sistema geometrico della facciata o che, al contrario, hanno lo scopo di evidenziare la singola apertura arricchendola. Al primo caso appartiene il palazzo Imperato, in cui le bucature sono comprese in una sorta di ordine gigante di paraste, mentre il palazzo Baronale e palazzo Castagna (figura 7) presentano caratteri decorativi più accentuati: in entrambi i casi i portali sono affiancati da paraste leggermente inclinate verso l'esterno, come avviene anche nell'incorniciatura del portale della chiesa di S. Agostino.

Tali realizzazioni appaiono coeve, come risulta evidente anche da questi tratti stilistici che potrebbero denotare la presenza di un unico progettista o, più semplicemente, un'intenzionale uniformità stilistica. Analogie tra la suddetta chiesa ed il palazzo Baronale si ritrovano anche nel coronamento delle finestre di quest'ultimo, derivate dall'inflessione dell'architrave.

Bisogna evidenziare anche la forma delle aperture, ottenute mediante la costruzione di timpani e modanature di vario genere; una profusione di tali elementi decorativi è caratteristica degli edifici costruiti fra l'inizio del '700 ed i primi anni del secolo successivo, dove sono presenti aperture sormontate da timpani molto sporgenti e con forme sinuose, che accen-

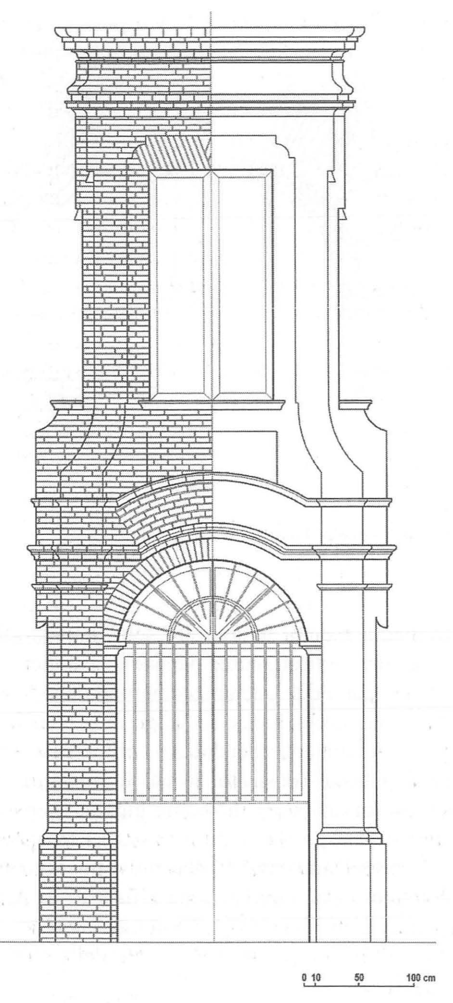


Figura 7
Città Sant'Angelo. Palazzo Castagna, rilievo del portale

tuano il carattere chiaroscurale della facciata. Un esempio è costituito dal palazzo Coppa che sorgeva vicino a palazzo Firmani e del quale non restano che poche tracce: una di queste è una finestra coronata da un timpano spezzato, di forma sinusoidale e sorretto da pesanti mensoloni. La contrazione delle paraste laterali e la sovrapposizione del timpano su queste ultime denota la presenza di caratteri barocchi facilmente riconoscibili. Una grande varietà di timpani è invece visibile in palazzo Castagna: in esso troviamo

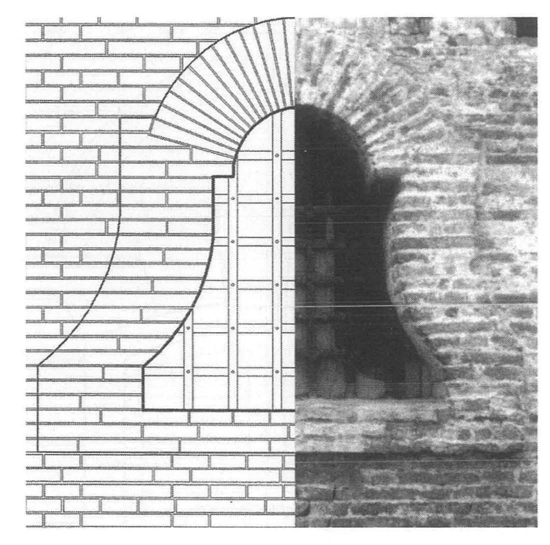


Figura 8
Città Sant'Angelo. Palazzo Imperato, finestra del piano terra

ben sei tipi diversi di coronamento delle aperture, corrispondenti alle sette campate in cui è divisa la facciata dell'edificio. Si tratta anche in questo caso di elementi che creano un forte effetto chiaroscurale.

Non si possono infine tralasciare le finestre del piano terra dal caratteristico profilo a campana, di palazzo Imperato (figura 8).

Durante l'Ottocento le forme si semplificano moltissimo ed anche nei palazzi più importanti, come palazzo Basile, vengono realizzati coronamenti delle finestre più semplificati, con timpano piatto e piccoli elementi verticali, quasi delle mensole stilizzate, posti immediatamente sotto quest'ultimo. Questo particolare tipo di finestra si ritrova in molti edifici ottocenteschi.

Elementi decorativi

Negli edifici analizzati uno dei motivi decorativi più interessanti è costituito dalle cornici, realizzate sia con mattoni a faccia vista, sia con struttura in mattoni ricoperti di stucchi o intonaco.

I cornicioni si presentano con due tipologie completamente diverse sia nell'aspetto che nelle modalità

costruttive: fino alla fine del '700 i cornicioni sono composti da una serie di modanature più o meno ricche, ma comunque realizzate mediante la sovrapposizione di elementi semplici in laterizio disposti in modo da ottenere ricorsi progressivamente aggettanti, mentre nell'Ottocento compaiono quasi sempre dei modiglioni di sostegno che permettono la realizzazione di sporgenze maggiori.

Nel primo caso le membrature sono realizzate in modo che i mattoni non sporgano mai più di 12 cm poiché questo ne comprometterebbe la stabilità a causa di un appoggio insufficiente. La casistica di cornicioni realizzati senza l'ausilio di pezzi speciali di dimensioni più grandi o forma diversa è molto ampia e comprende per lo più gli edifici costruiti fino alla metà ed oltre del XVIII secolo: ad esempio nel cortile di palazzo Coppa, la cornice terminale sostiene quel che rimane di una sorta di timpano spezzato difficilmente riconducibile ad un originario impianto del palazzo. La modalità esecutiva di questa ricca cornice è ottenuta tramite la sovrapposizione di corsi di mattoni semplici e progressivamente aggettanti. Casi simili sono rintracciabili in palazzo Sozj e in palazzo De Blasiis, anch'esso chiaramente settecentesco anche se caratterizzato da un tono decorativo minore, oltre che in vari altri edifici della stessa epoca. Caso interessante è il primo cortile interno di palazzo Maury, sicuramente preesistente all'intervento ottocentesco e «riadattato» con alcuni interventi sulle aperture. In esso è ancora visibile la cornice superiore originaria costituita da un'elegante successione di modanature progressivamente aggettanti realizzate con mattoni tagliati ma identici a quelli della muratura sottostante.

Nella seconda metà del Settecento la volontà di rendere ancora più ricca la decorazione delle facciate dei palazzi della nuova borghesia agraria portò alla realizzazione di cornicioni caratterizzati da sporgenze maggiori.

Nella realizzazione di cornicioni sporgenti complessivamente di 40–50 cm rispetto alla parete oltre all'uso dei semplici mattoni fu necessario utilizzare dei pezzi speciali o tegole ordinarie lunghe fino a 40 cm, fissate mediante la sovrapposizione di altri corsi di mattoni sulla parte posteriore per garantirne la stabilità. Questo tipo di cornicioni è spesso coperto da intonaco in modo da occultare la presenza di tali elementi, come avviene nel palazzo Baronale, ma è anche lasciato a vista in edifici come palazzo Castagna e palazzo Imperato. Quando la sporgenza supera i 50 cm le soluzioni adottabili avrebbero potuto essere l'utilizzo di lastre di pietra o l'inserimento di ferri di sostegno ai mattoni ordinari, però non vi sono tracce visibili di interventi di questo genere.

Ben diverso è il caso dei cornicioni ottocenteschi, dove lastre lapidee o in laterizio sono sostenute da modiglioni in pietra sbozzati o stuccati, saldamente ancorati alla parete retrostante, come è visibile nella parte posteriore di palazzo Basile; in casi come questo l'aggetto del cornicione è generalmente uguale all'altezza e la stabilità è assicurata dal peso di un'ulteriore parte in muratura tale che il centro di pressione cada all'interno del muro d'ambito. Questo accorgimento fu adottato in particolare nell'Ottocento poiché il peso del tetto, in genere a struttura lignea, non sarebbe stato sufficiente ad assicurare la stabilità di cornicioni con simili sporgenze e, tra l'altro, il rischio di incendi avrebbe messo in pericolo anche la muratura dell'edificio. Casi simili si trovano in palazzo Maury, palazzo Colella, e nei palazzi costruiti tra la fine del 1800 e l'inizio del 1900 come i palazzi De Stephanis e Nasuti.

Note

1. Il contratto per la costruzione del monastero risale al 1598 ed è conservato nell'Archivio di Stato di Pescara, nella sezione relativa ai Protocolli del notaio Zuccari, 1594–1604.
2. Elementi tipici dei palazzi sono le «fosse» per conservare il grano e l'olio e, nei casi di maggiore disponibilità economica, la cisterna privata per l'acqua.
3. La realizzazione un nuovo prospetto su un tessuto medievale preesistente, forse è stata la causa delle difficoltà esecutive che hanno portato a tale irregolarità dell'apparecchiatura dei mattoni.
4. Per la costruzione di piattabande si utilizzavano armature lignee molto semplici, vista l'elementarità strutturale dell'elemento da realizzare: i mattoni venivano sistemati su una traversa sostenuta da un elemento verticale a sua volta appoggiato ad un altro elemento orizzontale.
5. Per la costruzione degli archi ribassati si adottava un'armatura costituita da una traversa sostenuta da due ritti appoggiati alle spallette e rinforzata da saettoni, sulla quale veniva costruita una struttura laterizia provvisoria sagomata come l'intradosso dell'arco da costruire. Lo stesso risultato si poteva ottenere con la costruzione di una provvisoria voltina in foglio oppure

con una centina a «tamburo», formata da tavole sagomate, disposte di taglio con listelli trasversali su cui venivano appoggiati i mattoni. Per gli archi a tutto sesto invece si approntava una centina lignea che poteva essere realizzata in molti modi diversi e che assumeva una particolare complessità nel caso di archi di grande luce. La costruzione procedeva dalle spalle verso la chiave dell'arco mentre il materiale da porre in opera si appoggiava momentaneamente nel mezzo della centina per evitare che si sollevasse in conseguenza del peso laterale. Poiché il disarmo dell'armatura doveva essere graduale, per permettere l'assestamento della struttura.

Lista de referencias

Bartolini Salimbeni, Lorenzo. 1975. «La chiesa di S. Agostino e la struttura urbana di Città Sant'Angelo». *Storia/architettura*, anno 1, n. 1 (gennaio-aprile).

Bartolini Salimbeni, Lorenzo. 1984. «Organismi medievali e trasformazioni barocche nell'area pescarese», in AA. VV, *Storia come presenza*, Saggi sul patrimonio artistico abruzzese. CARIPE. Ancona: Aniballi.

Bartolini Salimbeni, Lorenzo. 1993. *Architettura francescana in Abruzzo dal XIII al XVIII secolo.* Roma: Edigrafica.

Battistella, Franco. 1989. «Note su alcune fabbriche attribuite a Francesco Di Sio architetto napoletano attivo in Abruzzo tra il settimo ed il nono decennio del XVIII secolo». *Rivista Abruzzese*, 42, n. 2.

D'Arpizio, Massimo; Gabriele, Graziano. 1991. *Città Sant'Angelo. Ipotesi di un racconto per immagini*. CARIPE. Pescara: La Stampa.

Menicali, Umberto. 1992. *I materiali dell'edilizia storica: Tecnologia e impiego dei materiali tradizionali.* Roma: Nuova Italia Scientifica.

Varagnoli, Claudio. 1992. «Architetture di mattoni in Abruzzo», in G. Biscontin e D. Mietto (a cura di), *Le superfici dell'architettura: il cotto. Caratterizzazione e trattamenti.* Padova: Libreria Progetto Editore.

Organización de los recursos humanos y materiales en el inicio de la construcción de la catedral de Sevilla (1436–1439)

José María Calama Rodríguez
Rosa María Domínguez Caballero

Consideraciones previas. La influencia del contexto temporal en el proceso de construcción de la catedral de Sevilla

Cuando se inician los trabajos de construcción del templo gótico en Sevilla, sobre la estructura de la mezquita aljama anterior, bien entrado el siglo XV, los maestros constructores góticos ya llevan décadas ensayando nuevos sistemas estructurales ligeros que, analizados desde el punto de vista de organización de los trabajos, permiten un ahorro de recursos en medios auxiliares de apeo y cimbrado. En este aspecto, los maestros canteros procedentes de Centro Europa, aportan ideas para una renovación del sistema constructivo-estructural, que permite utilizar cimbras que sustenten únicamente los nervios en los que las bóvedas concentran sus esfuerzos, para lo que es obligada la adecuada articulación de estos con los baquetones de los pilares que permitan la descarga, sin traumas, hasta la base. En ocasiones, estas columnillas adosadas o integradas en el fuste central, se colocan «contra-lecho», por lo que los pilares sólo pueden contribuir a soportar los esfuerzos verticales. Por ello, la componente horizontal del empuje de la bóveda debe ser conducida hacía los arcos arbotantes, a través de núcleos contrafuertes, cuyo diseño tiene que permitir una progresiva transmisión de esfuerzos, de manera que tanto estribos como botareles encuentran el equilibrio gracias al peso de los pináculos.

Dentro de este contexto, el diseño en «crucería» que van a utilizar los constructores de la catedral en Sevilla, es un sistema formado por un haz de baquetones, que los eruditos denominan «fasciculados», pues se disponen rodeando al núcleo de forma alternativa entre elementos convexos y cóncavos, los cuales reciben, en una correspondencia biunívoca los nervios y los terceletes de las bóvedas. Y ya ha sido planteado con éxito en la catedral de Oviedo (1388) y en templos góticos construidos durante el siglo XIV y los inicios de XV.

Estos nuevos elementos del gótico no solo complementan el sistema arquitectónico sino, lo que es más importante para nuestro análisis, introducen variables en el proceso de ejecución, especialmente porque es común la incorporación de maestros canteros procedentes de otras regiones, que buscan una mejor cualificación profesional en un sector cuyo gremio ya goza de un reconocimiento singular en la sociedad de su tiempo.

En este contexto sincrónico con el inicio de la construcción de la catedral de Sevilla, que coincide con la terminación de catedrales comenzadas en el siglo anterior, aunque algunas de ellas aún no están concluidas, se tiene noticia, por ejemplo, de la llegada a León del maestro llamado Guillén de Rohan, procedente de Normandía y muy activo durante el primer cuarto de siglo en la zona castellana. Por estos mismos años llega también a Sevilla el maestro Isambart, tras sus experiencias en las catedrales de Daroca y Palencia. Y en 1434 ya está documentada la intervención en la fábrica de la hispalense del maestro Carlín después de haber pasado por las catedra-

les de Barcelona y de Lérida. Y unos años más tarde, también otro maestro francés, Juan Norman, aparecerá en Sevilla llegando a ser Maestro Mayor.

La llegada de estas figuras a la catedral de Sevilla, no pueden hacer pensar en la influencia francesa en la catedral de Sevilla. Pero lo cierto es que, en esta etapa del gótico, las influencias en los distintos proyectos, son aspectos muy abiertos. Por ejemplo, podemos encontrar similitudes en el proceso de construcción de la catedral de Sevilla, con el llevado a efecto en la catedral de Huesca, construida entre los siglos XIII y XVI y en la que, en un desarrollo muy similar al de la catedral de Sevilla, el cabildo decidió aprovechar la base de una mezquita que había sido transformada en un templo cristiano. Se podría también encontrar alguna relación de influencia entre la construcción de la catedral de Barcelona y algunas etapas de la catedral de Sevilla. Aunque en este caso no es tarea fácil, ya que se trata de un proceso bastante complejo, al pasar la construcción de la catedral de Barcelona por muchas vicisitudes. Sin embargo, un elemento a destacar para nuestro análisis es que se sabe que al maestro Carlín se le paga, el 18 abril de 1407, por un dibujo de la portada principal de la Seo (que no llegó a construirse) y por los modelos de las capillas de Santiago el Menor y de San Felipe para el claustro.[1] Y como hemos indicado, años más tarde, el maestro Carlín será un personaje importante vinculado a la catedral de Sevilla.

Además hemos necesitado analizar, en relación con nuestra investigación, el proceso de la construcción de la catedral «Seu vella», de Lérida. Pues aunque se inició en el siglo XII en estilo gótico, al igual que en el caso sevillano se levantó sobre la mezquita mayor musulmana. Y durante su proceso de reformas y añadidos aparece nuevamente el maestro Carlín, que trabajó en Lérida desde el 21 febrero de 1410 hasta 1427,[2] antes de su llegada a Sevilla.

En el proceso de construcción de la catedral gótica de Palencia, iniciada en 1321, también hemos encontrado algunas relaciones para nuestro estudio, pues en ella trabajó como maestro mayor Isambart, que fue quien decidió la forma definitiva de este espacio, cien años después, y que repetiría posteriormente, a semejanza en sus diseños, para la traza de Sevilla. Hay incluso algunos autores[3] que no descartan que para la idea del cimborrio Sevillano se pensara en la solución dada para el de la catedral de Palencia.

No queremos terminar este apartado sin hacer referencia a que los cimborrios de las catedrales de Burgos y de Sevilla. Cuando se arruinaron, fueron levantados por Juan y Simón de Colonia respectivamente. Vemos que, incluso en esta etapa tardía del gótico, ya entrado el renacimiento en España, los responsables de los Cabildos, tanto en Castilla como en Andalucía, confiaban más en los tracistas foráneos que en los propios.

Podemos concluir este apartado diciendo que el proceso constructivo de la catedral de Sevilla siempre estuvo ligado a los procesos de construcción o de reconstrucción de las catedrales tardogóticas que se construían por esta época en España. Y que el paso por Sevilla de los grandes maestros constructores de la época, bien para ejecutar las obras bien por ser llamados a consulta, nos hace suponer que en la fábrica de la catedral de Sevilla se introdujeron los avances artísticos y tecnológicos que iban surgiendo tanto en España como en Europa en este estilo arquitectónico que, en esta etapa final, daba entrada al renacimiento, aportando formas arquitectónicas y estructurales del gótico tardío que, en su conjunto, convierten a la catedral de Sevilla en una construcción eminentemente singular por sus trazas y su admirable ejecución.

Un claro ejemplo de ello, lo tenemos en el empleo de un particular recurso para el desarrollo de los pilares, a partir de una sección transversal fasciculada, lo que permite que los baquetones se integren, en una solución de continuidad, con los nervios y terceletes de las bóvedas, aportando una visión liviana de lo que en realidad es pesada construcción pétrea (figura 1).

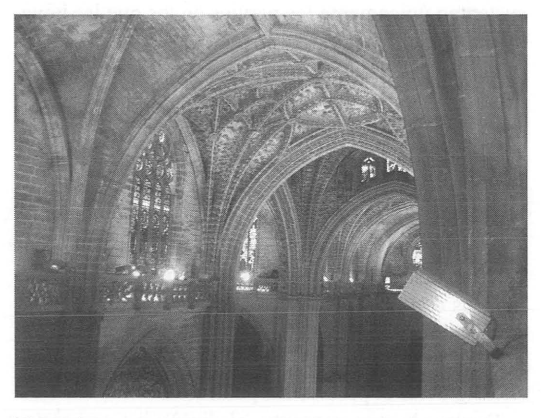


Figura 1
Bóvedas de la catedral de Sevilla (autores 2008)

Esta misma solución será utilizada en la catedral nueva de Salamanca (1513) donde el pilar fasciculado tiene una sección prácticamente circular para pasar a componer una complicada base. Solución que llega a su mayor complejidad en la catedral de Segovia (1525) y más tarde (ya entrado el año 1530) se retomará para resolver la sacristía mayor de catedral de Sevilla.

El proceso de construcción de la catedral de Sevilla

El 8 de julio de 1401,[4] el Cabildo catedralicio decide construir una gran catedral de estilo gótico, por ser el estilo predominante en las catedrales que se estaban construyendo en la parte superior de España y en gran parte de Europa. Para ello, se destruyó la antigua mezquita aljama «al-Moharrem» mandada levantar en el año 1172, cuando el califa «Abú Ya Qub Yusuf»[5] encarga su construcción al arquitecto «Ahmad Ben Basu» (figura 2).

Sin embargo, más de 30 años mediaron entre la decisión de construir el nuevo edificio cristiano y el inicio de las obras en 1434. Año que marca precisamente el punto de partida de nuestra investigación, como veremos más adelante. Además, la construcción del templo gótico se dilatará hasta 1507, fecha de su inauguración. Aunque su terminación se prorrogó hasta 1517, ya que hubo que cerrar las bóvedas del crucero, después del hundimiento del cimborrio en 1511. Por otra parte, la obra gótica será culminada 20 años después con la conclusión de la Capilla de los Cálices.[6]

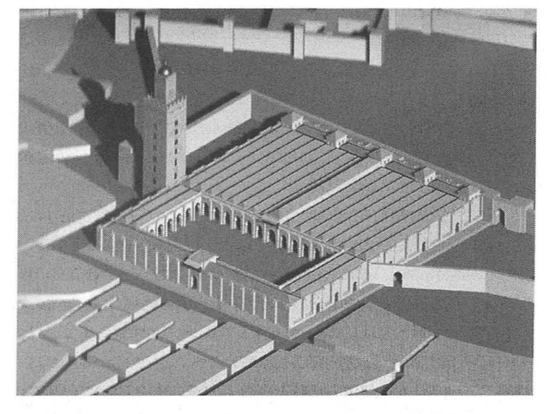


Figura 2
Axonometría digital de la mezquita almohade de Sevilla (Magna Hispalenses)

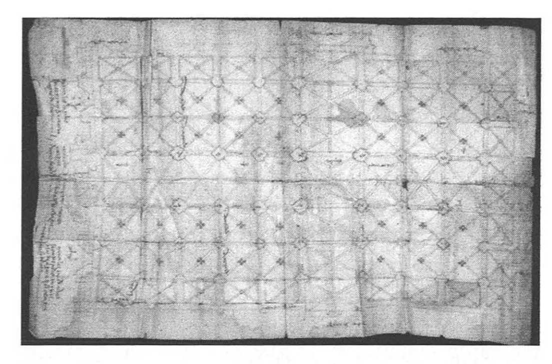


Figura 3
Plano de la catedral de Sevilla (Alfonso Jiménez Martín)

No tenemos mucha documentación gráfica de esta época, ya que las trazas originales del edificio se perdieron en un incendio en 1737 en el Alcázar de Madrid. Aunque recientemente, la historiadora Begoña Alonso Ruiz y el actual Maestro Mayor de la catedral Alfonso Jiménez Martín, han localizado un plano (figura 3), datado a mediados del siglo XV, con lo que se convierte en el plano a escala más antiguo de la catedral de Sevilla.[7]

Como los primeros años de la construcción de la nueva catedral se entremezclan con el derribo de la obra almohade y múltiples reparaciones que afectan a la obra antigua, los documentos aportan noticias confusas, ya que para conocer como se desarrollaron las labores de construcción entre 1401 y 1433, no existen documentos originales del proceso constructivo. Solamente podemos analizar datos económicos obtenidos de los libros de fábricas que se han conservado de esta época. En ellos se anotaban datos sobre precios, salarios y «quitaciones»[8] del edificio mudéjar y que corresponden a los años 1419, 1423 y 1427.[9] La mayor parte de estos escritos aportan datos sobre el consumo de materiales y los pagos a maestros albañiles y de carpintería, lo que confirma que se trata de anotaciones sobre trabajos de demolición del templo existente, pues estos operarios no trabajan la piedra.

El primer documento que arroja luz sobre la construcción de la obra nueva, data del 10 febrero de

1433, y hace referencia a la autorización dada por el rey Juan II para el derribo de la Capilla Real. Para este proceso hubo que trasladar su contenido al Patio de los Naranjos, estando documentado que en 1432 se hizo en este patio la última feria de San Miguel. Existen también algunos documentos de 1434, que dejan constancia de materiales y maquinaria que ya se están empleando en estas fases de limpieza. Incluso se encuentran referencias a cargos con características peculiares, como el «veedor», que es en realidad un ecónomo que se encarga del control de los pagos de material y, lo que es más importante, la mano de obra de la «obra nueva». Por lo que se puede afirmar que en este periodo se comienzan los trabajos de cantería para la construcción de la catedral.

Organización de los recursos en el inicio de la construcción de la catedral de Sevilla. El libro de expensas

Aunque hemos reseñado que en 1434 ya existía documentación de carácter económico que incluía datos sobre la obra nueva, los testimonios más interesantes sobre los trabajos del inicio de la catedral los encontramos en el «Libro de las expensas de la obra nueva de cantería que façen en la Iglesia de Sevilla»[10] (figura 4). Se trata de un documento de contabilidad confeccionada por el Mayordomo Pedro García de Ayllón, donde se iban reflejando semanalmente los pagos que se realizaban a las personas que colaboraban en la ejecución material de las obras, en el periodo definido de los años 1436 al 1439. Se trata además de un libro singular, porque en él se realizaban todas las anotaciones económicas, tanto de recursos humanos como materiales, según los trabajos y actuaciones necesarios para llevar a cabo el proyecto de construcción de la catedral gótica Sevillana. Más adelante, las cuentas se anotarán simultáneamente en varios libros con distintos conceptos.



Figura 4
Libro de cuentas (autores. ACS. LF 04020)

Del análisis de este documento, se deduce que las obras de derribo afectaron inicialmente al frente meridional de la vieja Aljama, y que es en esta zona donde se inician los primeros trabajos de cantería.

Otro dato importante que se desprende de este documento es que la obra nueva de la catedral se inició, como ya estaba apuntado, en 1434. Esta fecha, aparece en las anotaciones del racionero Juan Ruiz, en la última hoja de los pagos totales a los canteros. En ella se indica, haciendo balance y de forma literal: «son los maravedies q expedio en la obra nueva dla eglia qse començo efte año».[11]

Recursos materiales

Un dato que debemos tener presente es que, hasta el comienzo de la «obra nueva» de la catedral, los materiales de construcción que se habían utilizado en la mayoría de las edificaciones de Sevilla eran: la tierra, para la ejecución de los tapiales, y los productos cerámicos. Sin embargo, el Cabildo, buscando las similitudes con las catedrales góticas del resto de España, decidió que para el nuevo templo, se empleara la piedra.

Esto conllevó dos grandes problemas: por un lado la inexistencia de cantos de calidad en las inmediaciones de la ciudad y por otro la falta de formación especializada de los operarios sobre el trabajo de la piedra. Por esta causa, tanto los recursos materiales como los medios humanos especializados, debieron buscarse en el exterior.

Para ello, el Cabildo catedralicio de Sevilla, buscó canteras en las proximidades de la ciudad, localizando un material «aceptable» en las canteras del Gandull en Alcalá de Guadaira. En un principio, la piedra se extrajo de esta cantera, sin embargo parece que la calidad del material no era del todo buena y se desechó. De ello queda constancia en un asiento del gasto fechado el miércoles 7 de agosto de 1438. En él puede leerse: «salvo las diez dellas (piedras a 18 maravedíes) que se contaron a 10 maravedíes cada una

por cuanto no están buenas según lo vio y dijo el Maestre Carlín y dijo que no valían».

Por ello, y a sugerencias del Maestro Mayor, el suministro de piedra se buscó en la Sierra de San Cristóbal, del Puerto de Santa María (Cádiz). También hay constancia documental del uso de las canteras de Morón de la Frontera, cuya piedra presenta un color más claro y presenta más facilidad al proceso de ensuciamiento superficial.

Para el abastecimiento del material desde las canteras de la Sierra de San Cristóbal, se buscaron soluciones y recursos de intendencia. Existe constancia documental de que el Cabildo inició una serie de construcción de navíos o carracones para el traslado de la piedra. Desde el río Guadalete se conducía el material hasta el mar y se buscaba la desembocadura del Guadalquivir para subir hasta Sevilla.[12] En concreto está documentado el inicio de la construcción de un navío a tal fin, el 8 de junio de 1433 y cuatro días después un segundo navío.

También hay datos escritos que informan de la necesidad de levantar un muelle para desembarcar estos cantos procedentes de Puerto de Santa María. Aunque se trataba de mampuestos de calidad irregular, se consideró la ventaja de que su suministro era ininterrumpido, elemento este bien valorado por los promotores.[13] En este sentido, y a pesar del aumento de la distancia desde la cantera a la obra, esta materia prima se obtenía a coste más económico que la de Morón, gracias al transporte fluvial.

Recursos humanos: Mano de obra directa

Como hemos indicado, los maestros canteros tuvieron que venir del exterior. El Cabildo solicitó los servicios de especialistas que ya tenían experiencia en la construcción de catedrales como la de Barcelona, Lérida, Palencia o Pamplona.

Investigaciones llevadas a cabo por el Dr. Alfonso Jiménez,[14] dejan constancia de que el Maestro Isambart fue precursor de la obra nueva, y que trabajó conjuntamente con Carlín, como ya sucediera en la catedral de Lérida. Los maestros mayores que dirigieron las obras desde los inicios del siglo XV Isambart, Carlín, Juan Norman, Juan de Hoces, Simón de Colonia, Alonso Rodríguez y Juan Gil de Hontañón. Con la intervención de estos Maestros, las trazas irán completándose y transformándose.

El libro de expensas de Pedro García de Ayllón, se inicia el 1 de septiembre de 1436 y en él se refleja la primera nómina. Es de destacar que el sistema de gestión económica no era muy diferente del de la época actual. Había oficios que eran asalariados, mientras otros cobraban por trabajo realizado o destajo.

Durante el tiempo en el que el ecónomo García de Ayllón realiza sus anotaciones en el libro, aparecen como Maestros Mayores de las obras, en primer lugar Carlín, que se mantuvo hasta agosto de 1447. A continuación las anotaciones hacen referencia, como ya era sabido, a su discípulo Juan Norman, el cual se encuentra en la documentación analizada hasta 1454.

Del análisis del libro de expensas, se deduce que el sistema de organización profesional se configuraba, a partir de un Maestro Mayor, a las órdenes del cual trabajaban cuatro o cinco oficiales, alguno de los cuales, a su vez, podía disponer de un aprendiz. Como personal asalariado, es decir, que también se encontraban en nómina fija, el Mayordomo se refiere a peones y una relación no cualificada de: hombres, mujeres y mozos. Por último, hay unas anotaciones que hacen referencia a los oficios relacionados con el acarreo de piedra. En concreto se mencionan carreteros y cargadores, aunque no eran profesionales sujetos a salario. El resto de los oficios, que aparecen de manera esporádica según necesidades de la obra, se concretan en albañiles, carpinteros, herreros y hay también alguna indicación que menciona a los yeseros.

Por las distintas anotaciones que se van reflejando en el libro de cuentas, se comprueba que la organización de los trabajos se hacía partiendo de elementos constructivos concretos. Así, se deja constancia de que la obra nueva se inicia por la fachada de Poniente, es decir, por los pies de la catedral, al contrario de lo habitual. Este dato, que está corroborado por la identificación de las marcas de los canteros, parece que fue obligado a causa de la complejidad de la cimentación existente en esta zona, que era de relleno de cantos y guijarros. Así, para realizar la cimentación de uno de los pilares de esta zona correspondientes a la «obra nueva», se indica en el libro que se organiza una cuadrilla mandada por un oficial y siete peones, se ponía a su disposición una bestia, para sacar la tierra fuera de la obra «para faser pylar...».[15]

En otoño de 1436, cuando se inician los trabajos de cantería, la estructura del equipo de canteros esta-

ba formada por el maestro Carlin, cuyo nombre completo era Carles Galtés de Ruam, y a sus órdenes tenía inicialmente cuatro oficiales: Pedro de Toledo, Esteban, Felipe y Roled. Juan de Alcocer estuvo solamente cuatro semanas en la obra, siendo sustituido por Huguet. Más tarde, en diciembre, se incorporó Fernando de Villareal.

El maestro Carlín, tenía asignado un jornal de 30 maravedíes; este salario no varió en todos estos años en que aparecen los asientos en el libro de cuentas, a excepción de la última etapa, en la que ya no hacía labores de cantería y en la que se le pagaban 25 maravedíes al día. El Cabildo le proporcionó también una casa que estaba ubicada en el Corral de los Olmos, actual Plaza de la Inmaculada.

Los oficiales, cobraban 18 maravedíes. La necesidad de avance de la obra, obliga al Cabildo a contratar nuevos oficiales, incorporándose a inicios del año 1438 Juan de Torres, quien aparece con un incremento de su sueldo, con 20 maravedíes, aunque mantenía la misma categoría profesional.

Además, los oficiales podían tener a su cargo algún aprendiz. Se trataba de mano obra menos especializada que estaban en periodo de formación. En este año sólo hay datos de Diego Martínez, que tenía asignado un salario de 15 maravedíes y se encontraba a las órdenes de Pedro de Toledo. Un año más tarde, en 1437, aparece como aprendiz Juan Cuenca, sirviendo a las órdenes del oficial Fernando Villarreal. En las anotaciones del libro se apuntan variaciones en el jornal de Diego Martínez a finales del año 1439, y aunque no se indica nada al respecto, las cantidades que ya alcanzan los 18 maravedíes, nos hacen suponer que en esta fecha alcanzó su categoría de oficial.

El último escalón profesional de los asalariados lo ocupaban los peones. La presencia de este grupo de personas puede rastrearse en los distintos cometidos según el proceso constructivo. No existe un número fijo en la obra ya que en función de las jornadas de trabajo y el tipo de labor se contabilizan entre tres y 14, con una media de siete por jornada.

Es de destacar que, a diferencia de los anteriores que solamente realizan trabajos de cantería, los peones no tienen una función determinada, siendo ocupados en labores diversas, aunque con un salario igual para todos. Por ejemplo una actividad que aparece con frecuencia en las anotaciones del libro es el pago a peones por la ayuda a los canteros para «asentar los cantos» y en limpieza de sus herramientas.

A finales de octubre de 1436, la contabilidad no refleja un número elevado de peones. Lo normal es que la media de estos jornales no supere el número de ocho e incluso en alguna jornada, apenas se contabilizan tres. La causa es que la actividad que se realiza en estas fechas es el acarreo de ripios, cal y arena, para la mejora del firme de la capa de asiento de la cimentación en la zona meridional de la nave. Esta tarea, como veremos más adelante, estaba encomendada a hombres y mozos con sus bestias.

Sin embargo, según avanza la obra nueva, aumenta el número de jornales a peones llegando a contabilizar hasta 14 en alguna jornada. Una de las tareas que se les encomienda a los peones en esta fase, es el adecentamiento de la casa para el maestro Carlín. Pero podemos ver numerosas anotaciones relacionadas con pagos a peones en actividad de saca de tierras, para iniciar la cimentación del nuevo templo. Si tenemos en cuenta que en la zona de Poniente se abrieron cuatro grandes pozos cilíndricos de siete metros de diámetro con una profundidad de cinco metros, para cimentar los pilares, comprobaremos que se muevan a mano más de 760 metros cúbicos de tierra. Estas fosas circulares se rellenaron de argamasa de cal y sobre esta base se dispusieron los andamios, cimbras y puntales necesarios para el progreso de la obra. En las excavaciones realizadas recientemente con motivo de la sustitución de dos de estos pilares, se pudo apreciar que aún eran reconocibles las huellas de maderos pequeños distribuidos por todo el cimiento que serían complementario a los postes principales[16] (figura 5).



Figura 5
Apertura de los cimientos de los pilares para su sustitución (Fotografía J. L. Barón Cano)

El jornal de los peones estaba establecido en 13 maravedíes. Como podemos comprobar era casi el mismo que el sueldo del aprendiz, aunque hemos de señalar que muchos de los peones trabajaban únicamente media jornada, por lo que veían reducido su jornal a la mitad. Hay incluso jornadas en las que a los peones se les asignan cantidades diferentes, ya que cobraban fracciones de jornal según su actividad durara una jornada completa o una fracción. Como vemos, el pago del trabajo por horas, ya era una práctica usual en esta época.

Por último, como ya hemos avanzado, existía un personal no cualificado que aparece bajo la denominación de «hombres, mujeres y mozos». Se trataba en realidad de personal contratado para labores de limpieza y acarreo de materiales de tamaño más pequeño que las piedras para sillares. Esta mano obra aparece valorada en, prácticamente todo el desarrollo de la obra, al menos en este periodo investigado, lo que nos indica la importancia que se le daba a la correcta organización y limpieza de las zonas de trabajo.

Es importante advertir, que era un personal que también estaba sujeto a jornal. Por ejemplo, en labores como agudizar las escodas de los canteros o regando el tajo para evitar el polvo, el salario medio era de ocho maravedíes, si trabajaban la jornada completa. Hay algunas excepciones, sobre todo si el trabajador aporta algún útil o equipamiento, como es el caso de pagos a: «hombre con dos asnos», realizando labores de «saca de tierras de la iglesia y echarla en el Corral de los Olmos», trabajo por el que percibe 27 maravedíes en un solo día.

«Las mujeres», aparecen en este libro de cuentas, en trabajos como «barrer el tajo» o «regar». Por ejemplo, en una jornada se llegaron a pagar a ocho mujeres otros tantos maravedíes a cada una, por esta actividad, durante una jornada. Como vemos es un salario exactamente igual que el de los hombres y los mozos.

Mano de obra indirecta

Con este nombre hemos querido referirnos a la mano de obra que aparece reflejada en el libro de cuentas pero que no era fija de obra y no estaba sujeta a jornal. Por lo general, se trataba de oficios relacionados con el acarreo de piedras y cantos.

Entre esta mano de obra podemos hacer mención a los barqueros. Ya hemos informado de que para el proceso de construcción de la catedral de Sevilla se empleó piedra procedente de la Sierra de San Cristóbal, en el Puerto de Santa María (Cádiz), uno de los centros de aprovisionamiento de sillares más activos en los siglos XV y XVI.

Los «fletes de cantos», que es como se denominaban las partidas de piedras traídas en navíos, carracos o barcos en general hasta el muelle de Sevilla a través del Guadalquivir.[17] En el flete realizado por el barquero Bartolomé García, el 7 de septiembre de 1436, se transportaron 130 piedras mayores y cuarenta menores, que a un coste de 12 y siete maravedíes respectivamente, que supuso un gasto para el Cabildo de 1.840 maravedíes.

En el libro de cuentas están anotados otros dos fletes realizados por el mismo barquero. Concretamente el 15 de noviembre de ese mismo año, con 111 cantos mayores y 60 menores y el 31 de diciembre en que se transportaron 80 cantos mayores y 101 menores.

Ligado a este transporte de piedras aparecen también los carreteros. Ellos se encargaban de transportar los cantos desde la cantera hasta el embarcadero. Des este recorrido no se tiene referencia en el libro de cuentas, lo que hace suponer que de su coste se encargaba el barquero. Sin embargo, si hay anotados pagos realizados a carreteros que, con carros tirados por mulas, transportaban los cantos desde el muelle, en las cercanías de la Torre del Oro, hasta la denominada «Plaza de los Cantos», lugar así denominado porque allí se depositaban los diferentes materiales: piedras, ladrillos, arena, maderas, tejas, etc. En el plano de la figura 6 queda reflejado el recorrido realizado por los carreteros.

Otro de los oficios ligados al transporte y acarreo de piedras era el de los cargadores. Se trataba de un personal auxiliar especializado en el transporte de grandes pesos. En el «libro de cuentas» se encuentran anotadas partidas independientes para este oficio. Recordemos que el transporte de otros materiales, menos pesados, era tarea de peones, hombres o mozos de plantilla. Sin embargo, una vez que la piedra era transportada hasta el depósito de materiales, los cargadores se encargaban de trasladarla hasta el tajo.

Por último, podemos hacer referencia a otros oficios que aparecen de manera esporádica en el libro.

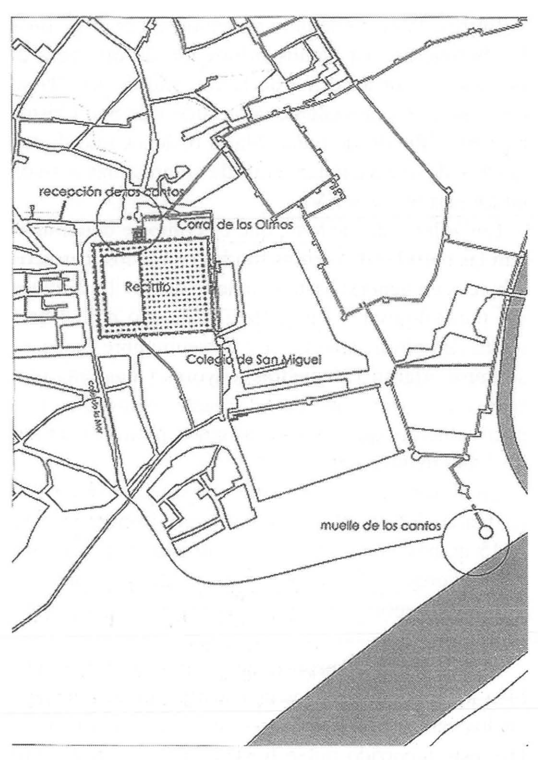


Figura 6
Recorrido realizado por los carreteros para el transporte de los cantos (autores)

Es el caso de albañiles, carpinteros y herreros. Los primeros son profesionales fundamentalmente empleados en la ejecución de la fábrica de ladrillo, por lo que aparecen al principio del libro, en la etapa de derribo del templo almohade. No obstante, se encuentran anotaciones de pagos en el libro de cuentas por su participación en los trabajos adecuación de la casa de Maestre Carlín[18] «albany dla obra qlabro efte dia en casa de Mestre Carlyn veynte mrs» (albañil de la obra que labró este día la casa del Maestro Carlín que se le pagó 20 maravedíes). Del análisis de las distintas anotaciones, concluimos que no existía un salario estipulado para el jornal del albañil, pues todo indica que se abonaba el trabajo realizado, con un concepto similar al actual «destajo».

Los carpinteros, al igual que los albañiles, son trabajadores que aparecen vinculados a las tareas de demolición de la obra vieja. No obstante observamos anotadas referencias ligadas a la construcción de cimbras y andamios de la catedral nueva, según se va desarrollando la obra en altura. En este aspecto cabe diferenciar entre los que eran considerados «carpinteros» y una categoría inferior que se denomina «aserradores» y cuya misión era únicamente el corte de la madera para ponerla a disposición del carpintero. Esta diferencia se traslada también al salario, ya que los carpinteros vienen a cobrar unos 28 maravedíes por jornada, por 20 de los aserradores. Aunque lo más usual es que cobraran por trabajo realizado. En este aspecto aparecen varias anotaciones referidas al maestro carpintero Bartolomé Sánchez, quien realizó varias cimbras para la obra nueva. En una de las ocasiones puede leerse que el contable asigna 38 maravedíes «de los cuales 18 serán para su ayudante».

En cuanto a los herreros, se trataba de profesionales cualificados que pertenecían a la Casa de la Moneda y que aparecen realizando tareas tales como arreglo de hierros para azadas, mazas de los canteros o afilado de escodas y herramientas diversas. Su trabajo les era abonado una vez finalizado y no por jornal, como ya hemos mencionado. En este sentido se encuentran anotaciones de pagos a herreros, como es el caso de Fernando Sánchez, «que adoba las escodas de los canteros y otras cosas» por lo que viene a abonársele 150 maravedíes.

Conclusiones

Aunque el periodo analizado de cuatro años resulta algo corto para establecer, con cierto rigor, algunos aspectos concretos sobre la organización de los recursos humanos y materiales empleados en la construcción de la catedral de Sevilla, no es menos cierto que la estructura que encontramos en este periodo se muestra invariable, por lo que no parece que un análisis temporal mas extenso introduzca muchas alteraciones.

En este sentido, las conclusiones a las que hemos llegado en este análisis y que nos interesa destacar, son las siguientes:

En primer lugar, dejar constancia de que se puede confirmar que el año 1435, el «Maestre Carlín» se encontraba en Sevilla y que había percibido su primer salario, de unos 1.000 maravedíes, por el inicio de las obras de demolición del edificio almohade. Además, también puede confirmarse, la hipótesis

mantenida por investigaciones anteriores, las obras del templo se iniciaron por la fachada de Poniente.

En segundo lugar, y en relación con la estructura organizativa y gremial, nos encontramos con una estructura piramidal, en lo que podemos denominar «mano de obra directa», con el maestro mayor en la cúspide, una media de cuatro a seis oficiales a sus órdenes, algunos de ellos con un aprendiz y entre dos a cuatro peones por oficial. Más un personal auxiliar, no cualificado, en función de la fase de ejecución de que se trate.

Por otro lado, interesa destacar la existencia de una mano de obra, que hemos denominado «indirecta» al no participar activamente de la construcción y no estar sujetos a jornal, y que básicamente estaba compuesta por trabajos relacionados con el transporte de piedra, como cargadores y carreteros. En esta relación hemos incluido también, por similares motivos, otros oficios muy necesarios para el desarrollo del proceso constructivo como: herreros, que reparan las herramientas de los canteros; carpinteros que realizan los medios auxiliares necesarios para las fases de construcción y derribo: andamios, cimbras, plantillas, etc. y albañiles con misiones diversas aunque predominan labores de mantenimiento y albañilería en general.

En relación con los salarios, se ha podido comprobar la existencia de un personal de plantilla, con pagos a jornal o nómina y una serie de oficios especializados, algunos artesanales, a los que básicamente se les abona por trabajo realizado, en lo que hoy podríamos denominar «a destajo».

Por último, en referencia al número de operarios que trabajaron en la obra de la catedral en esta etapa, hemos podido comprobar que, en el inicio de las labores contabilizadas para construcción de la «obra nueva», en el año 1436, la plantilla de oficiales era muy reducida, mientras que era elevado el número de peones, ya que era la mano de obra encargada de la conformación de los cimientos y organización de los talleres. En esta etapa aún escasos los tajos relacionados con la cantería y de ahí que aún no sean precisos oficiales canteros. Estos, doblarán su número a finales de 1439, con el inicio de la llegada de los primeros fletes de cantos, a la vez que descendió considerablemente la mano relacionada con «hombres, mujeres y mozos». No obstante, se observa que estos se mantienen, aunque en menor número, durante toda esta etapa de la obra, realizando labores de limpieza de tajos.

Notas

1. Jiménez Martín 2006, 45.
2. Jiménez Martín 2006, 45 y ss.
3. García Cuetos 2007, 336.
4. Jiménez Martín 2006, 55 y ss.
5. Roldán Castro 2002.
6. Rodríguez Estévez. 2006. *Los constructores de la catedral.* La catedral gótica de Sevilla.
7. Esta noticia que apareció en el Diario ABC del 18/07/2008 y en El País el 13/07/2008, ha sido confirmada por sus autores que han preparado una publicación que está en prensa.
8. Jiménez Martín y Pérez Peñaranda 1997, 37.
9. Montes Romero-Camacho 1985, 31.
10. Este documento inédito hasta los años 80, fue encontrado en las antiguas dependencias de las Salas de los Seises por el Dr. Alfonso Jiménez Martín. En la actualidad se encuentra en los Archivos de la Catedral de Sevilla, con la signatura: ACS LF 04020.
11. A.C.S. Libro de Fábrica 2B,15.
12. Jiménez Martín y Pérez Peñaranda 1997, 46 y ss.
13. Jiménez Martín, A. La montaña hueca http://www.arquired.es/users/giralda/catsev.htm.
14. Jiménez Martín y Pérez Peñaranda 1997, 48 y ss.
15. Factura de octubre de 1439. ACS. Libro de fábrica LFO1928, folio 91.
16. Jiménez Sancho 2002, 310–311.
17. Rodríguez Estévez, 1998, 203.
18. ACS LF 04020 Folio 8v.

Lista de referencias

Domínguez Caballero, R. Mª. 2007. «El calendario laboral de la catedral de Sevilla de 1436 a 1439». En *La piedra postrera. V Centenario de la conclusión de la Catedral de Sevilla. Simposium Internacional sobre la catedral de Sevilla en el contexto del gótico final.* Tomo 2, 281–305.

García Cuetos, P. 2006. «La compleja madeja del tardogótico hispano en la catedral de Sevilla». En *La piedra postrera. V Centenario de la conclusión de la Catedral de Sevilla. Simposium Internacional sobre la catedral de Sevilla en el contexto del gótico final.* Tomo 2.

Jiménez Martín, A. 2006. «Las fechas de las formas. Selección crítica de fuentes documentales para la cronología del edificio medieval». En Jiménez Martín, A. (coord.). *La catedral gótica de Sevilla. Fundación y fábrica de la «obra nueva».* Sevilla: Universidad.

Jiménez Martín, A. e I. Pérez Peñaranda. 1997. *Cartografía de la Montaña Hueca. Planimetría histórica de la Catedral de Sevilla.* Sevilla: Cabildo Metropolitano.

Jiménez Sancho, A. 2002. «Excavación arqueológica en torno a dos pilares del trascoro». *Magna hispalensis (I). Recuperación de la aljama almohade.* 297–337.

Montes Romero-Camacho, I. 1985. «Precios y salarios de la construcción en la Sevilla del siglo XV», *Cahiers de la Méditerranée* 31: 95–124.

Rodríguez Estévez, J. C. 1997. «Los canteros de la obra gótica de la Catedral de Sevilla (1433–1528)». *Laboratorio de Arte* 9: 49–72.

Rodríguez Estévez, J. C. 1998. *Cantera y obra. Las Canteras de la Sierra de San Cristóbal y la Catedral de Sevilla.* El Puerto de Santa María: Ayuntamiento.

Rodríguez Estévez, J. C. 1998. *Los canteros de la catedral de Sevilla. Del Gótico al Renacimiento.* Sevilla: Diputación.

Roldán Castro, Fátima. 2002. «De nuevo sobre la mezquita aljama almohade de Sevilla: la versión del cronista cortesano Ibn Sahib Al-Sala». *Magna Hispalensis I.*

Iglesia de Santa María la Mayor de Villamuriel de Cerrato, Palencia. Construcción y cambios en el edificio hasta su apariencia actual

María Soledad Camino Olea
Fco. Javier León Vallejo

Desde que se tienen referencias históricas, a principios del siglo XII, la villa de Villamuriel de Cerrato parece ligada a la política señorial del obispado de Palencia, cuya consolidación territorial estaba limitada por las propiedades circundantes de la realeza. Sin embargo, el mismo Alfonso VII donaba en 1141 Villamuriel de Cerrato al obispo Pedro II, a la vez que la sede episcopal permutaba a los vecinos bienes de la villa por otras posesiones en la capital palentina. La ratificación de la donación y establecimiento de los fueros se hace en 1177 por Alfonso VIII al nuevo obispo Raimundo II.

Tras algunas fricciones entre el episcopado y el concejo, hacia el último cuarto del siglo, el obispo Anderico resolvió en 1185 las disputas entre clérigos y laicos a cerca de la titularidad de las iglesias, el reparto de los diezmos y el rendimiento de las heredades. En esta época es cuando algún historiador establece la posible construcción de la iglesia, cuya solidez proporcionaría refugio seguro a los detentadores de la sede, en caso necesario.

Las obras de construcción de la iglesia de Villamuriel de Cerrato pudieron iniciarse en la última década del siglo XII, terminándose durante el mandato del obispo Tello Téllez de Meneses (1208–1247). La homogeneidad estilística del templo hace pensar, no obstante, que se levantó en pocos años, siguiendo las pautas de la escuela románica hispano languedociana, en la línea de la misma catedral de Sigüenza. No obstante, una parte indeterminada de la iglesia debió levantarse, según Fernández Madrid, durante el obispado de Pedro de Castilla (1440–1461): «se edificó la torre de Villamuriel y mucha parte de la casa y ygl[a]» (Centro de Estudios del Románico, 2002.).

Otros estudiosos y la tradición, también recogida en el catálogo monumental de Palencia, atribuyeron la edificación de Santa María a la iniciativa de la Orden del Temple como parte de un complejo conventual, a tenor de la proximidad y similitud con la igle-



Figura 1
Fotografía de iglesia de Santa María la Mayor. Vista del alzado norte

sia de Villalcázar de Sirga. Pero lo cierto, según las opiniones más cualificadas, es que en Villamuriel de Cerrato nunca existió un asentamiento templario, sino que desde 1141 fue siempre de titularidad episcopal.

La utilización de la iglesia como residencia del obispo de Palencia, llegando también a alojar a miembros de la realeza, motivó su progresiva ampliación construyen sobre las naves laterales hasta el crucero y en la parte sur, adosando otros cuerpos y habitaciones más apropiados a la estancia de los obispos, que en algún caso ni siquiera llegaron a tomar posesión de la sede en Palencia.

La revuelta comunera de 1520 motivó en incendio de la fortaleza y casa del obispo Pedro Ruiz de la Mota, y la destrucción de parte de la torre. Todo ello se reconstruyó y amplió a partir de 1525 por el obispo Pedro de Rojas, tras el perdón a los vecinos.

Así se mantuvo la iglesia y palacio episcopal adosado hasta que en el siglo XIX, tras la invasión francesa, la desamortización provocaría la desaparición progresiva de la sede, de los edificios y cuerpos añadidos que servían de residencia, recuperado su uso como iglesia parroquial y adquiriendo el aspecto que tiene en la actualidad, salvo la reforma habida en 1980 en la que se demolió un cuerpo anejo al ábside principal y la sacristía. La iglesia fue declarada el 3 de junio de 1931 Monumento Histórico Artístico.

Características constructivas de la iglesia

La iglesia de Santa María recoge soluciones constructivas novedosas en relación a la arquitectura románica clásica, predominante en esa época. Entre ellas el recurso sistemático al arco apuntado y la bóveda de crucería sencilla, caracteres del nuevo lenguaje del arte gótico primitivo o de transición.

El templo presenta dos portadas: una lateral en la fachada Norte (figura 1), un pórtico románico tardío, con tres arquivoltas que apoyan en columnillas, en muy mal estado y la principal en la fachada oeste, con dos arcos ojivales separados por una gruesa columna románica (figura 13). Por encima y sobre ménsulas hay cinco armaduras bordeadas por una imposta, la central desapareció parcialmente al abrirse en el siglo XVI al abrirse la claraboya del coro (Piqueras y Lorenzo 1966).

La planta, de estilo salón, se organizó en cuerpos de distinta altura, correspondientes a la nave central y el crucero, y a las naves laterales y las dos capillas

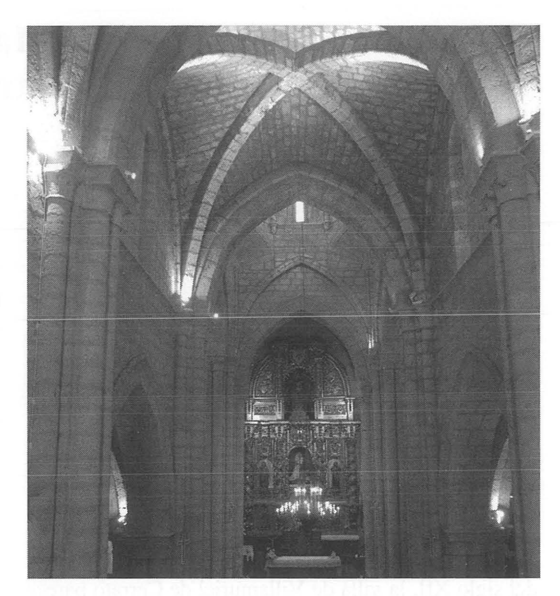


Figura 2
Fotografía del interior de la iglesia de Santa María la Mayor. Vista de la nave del central desde el coro

contiguas al ábside, si bien la de la epístola se sobre elevó, en el último tramo, con posterioridad para comunicar directamente la torre y el coro.

Sobre el crucero se levanta un sorprende cimborrio de planta octogonal, con dos cuerpos de ventanas, por los que la iglesia se ilumina. De la planta cuadrada se pasa al octógono mediante cuatro trompas. En

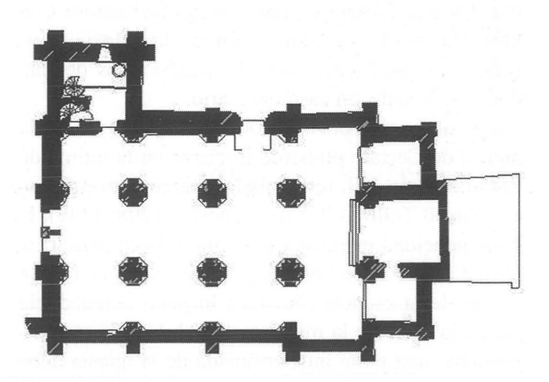


Figura 3
Planta actual de la iglesia de Santa María la Mayor

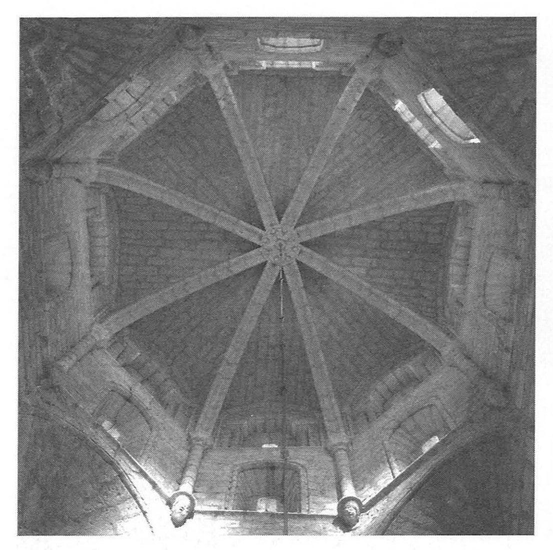


Figura 4
Fotografía del cimborrio desde el interior de la iglesia

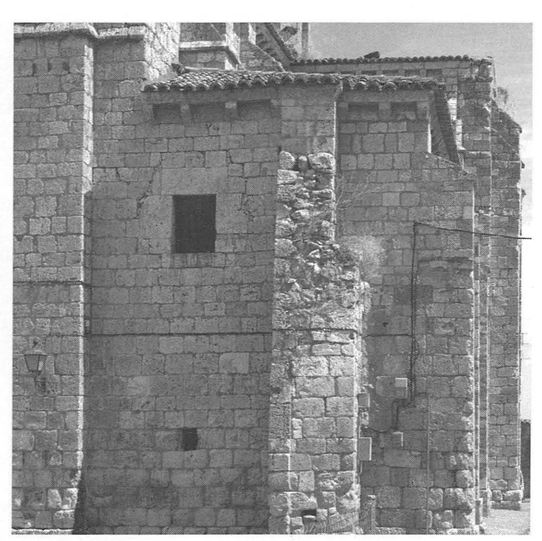


Figura 6
Fotografía en la que se aprecia como debe ser la composición de los muros de sillería



Figura 5
Fotografía del cimborrio y de las cubiertas desde la torre

el primer cuerpo se abren ocho huecos de medio punto, ligeramente abocinados, el segundo cuerpo de huecos se encuentra entre los nervios de las bóvedas.

Los ocho nervios que arman la bóveda del cimborrio se apoyan en ocho columnas que a su vez descansan en ménsulas.

La fábrica de los gruesos muros se hizo con sillería de hiladas no regulares, de piedra caliza del páramo trabada con argamasa en juntas delgadas. El espesor de los muros, de entre 1,06 y 2,06 m indica la probable constitución mediante fábricas de sillares de 30–40 cm de grosor en los paramentos, y relleno del núcleo con mampostería pobre. Las bóvedas son de crucería con los nervios resaltados y plementería con hiladas perpendiculares al paramento, los nervios descansan sobre columnas acodilladas, excepto en las capillas laterales, que lo hacen sobre una imposta o sobre ménsulas. Las cubiertas son de teja cerámica, con aleros de canes de piedra, con muy poca pendiente para la zona y el tipo de teja (posiblemente por este motivo, la cubierta permita el paso del agua y la piedra de la bóveda se encuentre muy erosionada).

Evolución del edificio hasta el siglo XX

Las principales modificaciones que tuvo la iglesia durante siete siglos se debieron a las ampliaciones

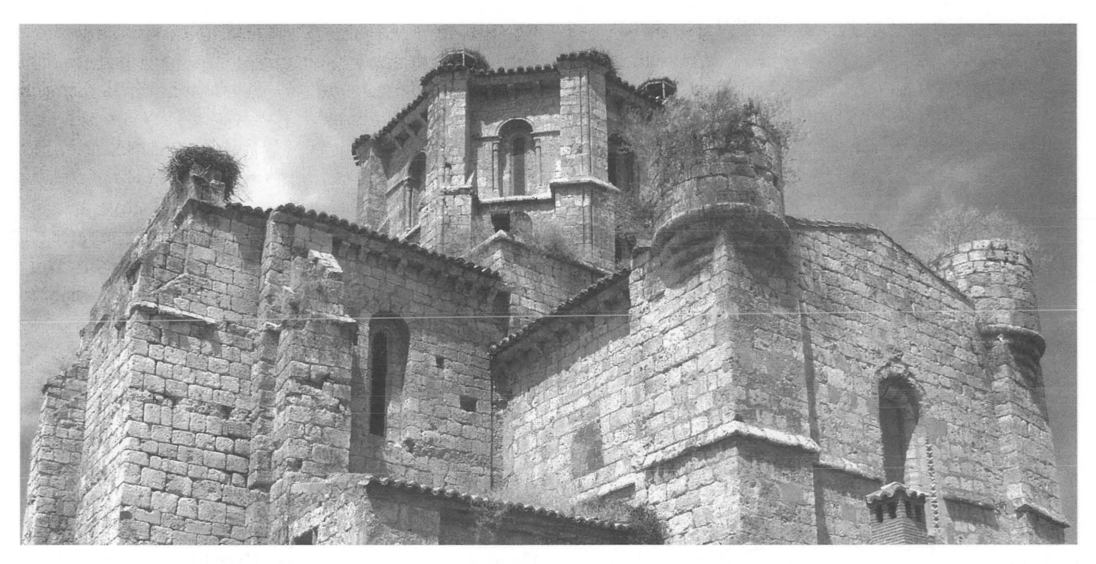


Figura 7
Fotografía del ábside, nave crucero y cimborrio donde se puede ver los dos garitones del ábside

necesarias para su uso como sede episcopal, su fortificación, el coro y paso elevado superior, y las reconstrucciones parciales de la torre.

Fortificación, torre y coro

Se conservan parcialmente tres garitones cilíndricos emplazados sobre contrafuertes en las fachadas norte y este. Pudieron ser añadidos, según Ara Gil (Centro de Estudios del Románico 2002), en época del mencionado Pedro de Castilla, pero también cabe situar su construcción a partir de 1520 y las destrucciones causadas por la revuelta comunera.

También la torre podría considerarse más un elemento de fortificación que campanario propiamente dicho. El campanario durante la mayor parte de la existencia de la iglesia, estaría ubicado en una pequeña espadaña sobre el cimborrio, tal como se aprecia en el grabado de Parcerisa de 1861. No sabemos si se elevó a la vez que la iglesia, o algo más tarde, aunque lo cierto es que el estilo de construcción es el mismo, destacando los grandes contrafuertes, dos en cada paramento, y los esbeltos huecos en aspillera rematados por arcos de medio de punto, hoy cegados en su mayoría.

La torre debió tener originalmente solo tres cuerpos, diferenciados por finas impostas salientes, observándose un remate de medio bocel en lo alto del tercer cuerpo, pudiendo significar la cornisa por encima de la cual se situaría una cubierta plana con protección almenada, según algunos historiadores, o bien protegida con una cubierta en pabellón. La torre fue parcialmente destruida en la revuelta de 1520, al igual que la residencia episcopal.

La reconstrucción de lo dañado, a partir del obispado de Pedro de Rojas, conllevaría la ampliación de un cuerpo, con el estilo de la época, rematada con tejado de poca pendiente y balaustre, al modo renacentista, sobre armadura de madera. Hoy sustituido por una protección de chapa de zinc.

Es posible que, a la vez, se construyera el cuerpo de enlace entre la torre y el tramo final oeste de la nave principal, que habría de comunicar, a través de un pasadizo elevado, con el piso alto de la casa, edificado sobre las bóvedas de la nave lateral sur, como luego se comentará.

De la segunda mitad del s. XVI parece ser la construcción del coro sobre bóveda rebajada de nervadura gótica, con medallones al estilo renacentista. En un balaustre aparece su probable promotor, el obispo Juan Ramírez de Zapata (1569–1577).

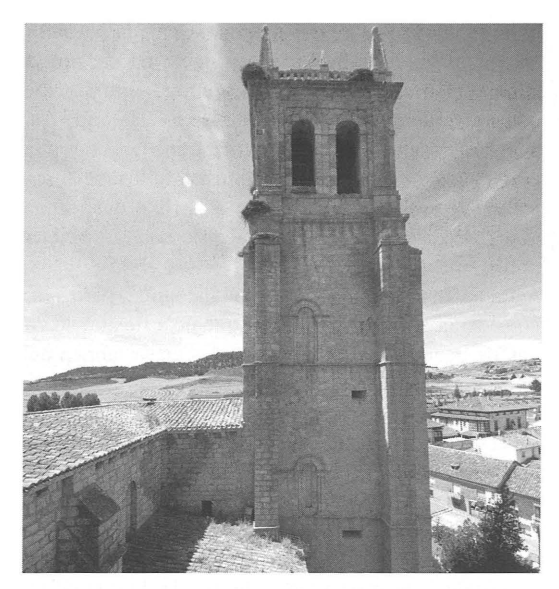


Figura 8
Fotografía de la torre desde la cubierta del crucero. A la izquierda de la torre se puede ver el cuerpo de enlace entre la torre y la zona de residencia, por encima del nivel del coro

Residencia episcopal

En referencia a la ciudad de Palencia decía la *Silva Palentina* que «tienen los prelados a una legua de esta ciudad, en el su lugar de Villamuriel de Cerrato, una muy hermosa casa, de mucho aposentamiento y fortaleza, cercada de buena rivera, huerta, soto y arboledas» (Centro de Estudios del Románico 2002). Así pues, según la tradición, llegó a convertirse, de facto, en palacio episcopal y lugar de acogida de miembros de la monarquía desde principios del siglo XIV.

Se desconoce cuál pudo ser la organización de este palacio sede del obispo, que dio origen al nombre actual de la calle a que se abre la fachada sur de la iglesia. Sólo existen algunas referencias de la tradición oral, los signos materiales que permanecen en las fábricas exteriores, ciertos elementos de paso cegados en la fachada sur y en el coro alto. Y el arranque de un arco cerca del muro del crucero. También puede deducirse algo de los dibujos de Parcerisa que aparecen en el libro de Cuadrado y Parcerisa publicado en 1861 con el título: «Recuerdos y bellezas de España. Palencia»

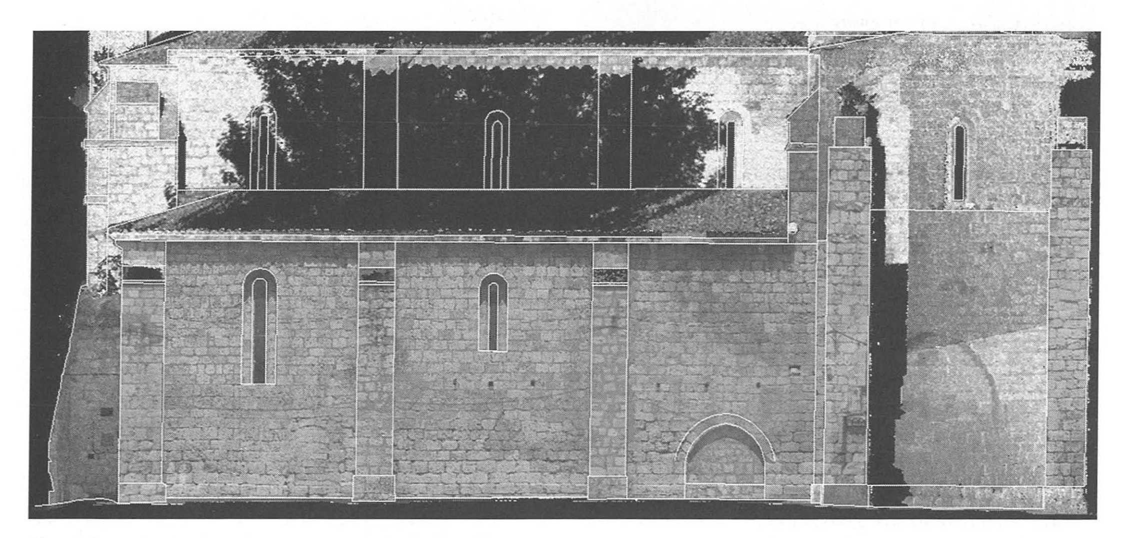


Figura 9
Alzado sur en el que se pueden apreciar el hueco tapiado y los mechinales donde podían estar apoyadas las vigas de un cuerpo adosado

Cuerpo adosado a la fachada sur

El análisis de los vestigios apreciables en la citada fachada ponen de manifiesto la existencia de al menos una crujía adyacente al edificio. Pudo contar con una o dos alturas. En el S. XVI se elevó otra planta, desarrollada sobre las bóvedas de la nave lateral sur, y con acceso desde la torre a través del cuerpo situado sobre el tramo de la colateral contigua a la torre. El arranque del arco correspondería al vano de paso entre los ámbitos adyacentes a las naves.

En los tres primeros tramos del cuerpo adosado, correspondientes con las naves laterales al oeste del crucero, la existencia de dos aberturas cegadas con remate de arco apuntado, junto a los mechinales a media altura del muro, sugieren la existencia del citado cuerpo adosado por el sur y comunicado con la iglesia a través de los citados huecos. Es probable que los orificios en la fábrica a media altura de la fachada no sean los mechinales de las vigas del forjado original, pero es cierto que dejan una adecuada altura libre de 3,60 metros hasta el nivel de calle actual que seguramente sea superior al existente en la época.

En la planta superior, ocupando toda o parte de la planta inferior, la distancia desde el supuesto forjado hasta la cornisa es de 4,4 metros, si bien la altura libre debió ser inferior, en una primera época, por la pendiente descendente de la cubierta, seguramente continuación de la que cubría la nave lateral. Así pues, el forjado de vigas de madera transversales a la crujía adosada pudo situarse al nivel de los mechinales existentes, o quizás algo más arriba, dando una altura de planta inferior más acorde con su carácter noble.



Figura 10
Fotografía del arco de la nave crucero donde puedo estar abierta una portada de comunicación de la iglesia con las edificaciones anejas

La anchura de la crujía es una incógnita, pero si se consideran las limitaciones del trabajo a flexión de vigas de pequeña escuadría apoyadas en la fábrica del muro sur y en fachada del palacio, puede pensarse en una luz en torno a 4 ó 5 metros como máximo. Ello daría una superficie útil de planta baja de esta casa en torno a los 100 metros cuadrados. Y unos 200 metros cuadrados si se ocupaba toda la altura superior.

Otra hipótesis, menos probable, es la de una doble crujía adosada, siendo la segunda de una sola altura, y estando la primera menos iluminada, lo que no sería entonces un gran inconveniente, pero permitiendo un importante incremento de superficie en planta.

El arranque del arco, estribado sobre el contrafuerte oeste de la fachada del crucero hace pensar en el vano de paso entre el cuerpo adosado a dicha fachada y el ámbito adyacente al brazo del crucero, que a su vez se comunicaba con esta nave mediante un arco ligeramente apuntado y de traza destacada sobre el paramento.

Es posible que originalmente existiese una portada sur, abierta en la pared del crucero tal como se pone de manifiesto en la traza de un amplio y elevado arco apuntado y también cegado como en los casos anteriormente citados. Esta portada pudo suprimirse para construir una ampliación del palacio episcopal sin necesidad de comunicarlo con el brazo del crucero mediante un hueco excesivo. Y entonces se abriría el vano de conexión con el resto de la casa construyendo el arco cuyo capitel y dos primeras piezas de arranque se conservan en buen estado.

Este ámbito pudo tener así mismo dos niveles, siendo el bajo principal y de gran altura, estando la estructura sobre el arco referido, es decir a unos 6 metros en correspondencia con algunas marcas apreciables de mechinales. La armadura del tejado, a un agua hacia la calle, se constituiría mediante parecillos empotrados en el muro en el nivel marcado por una hilada que sigue la base del hueco alto de iluminación del crucero, en que se observa que fue retaca-

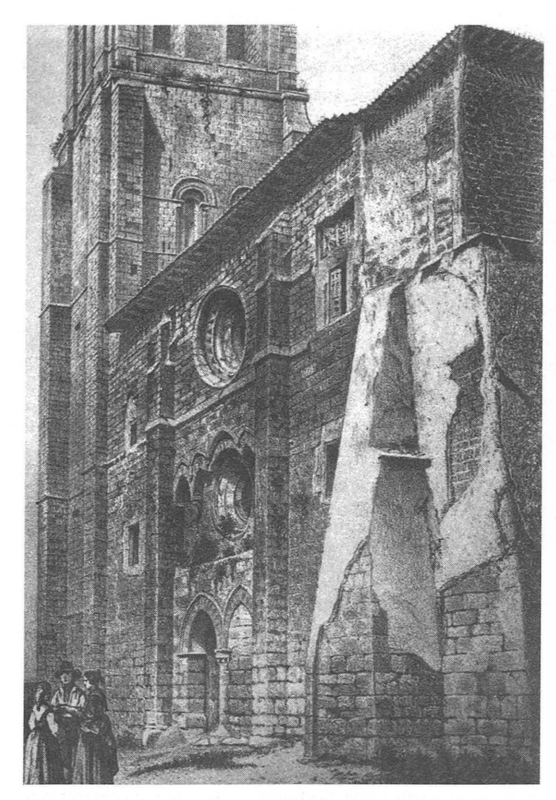


Figura 11
Grabado antiguo (Parcerisa y Quadrado 1861)

da usando nuevos mampuestos, o bien permanecen los restos de los sillares afectados por la obra.

Finalmente, junto a la pequeña nave sur de la cabecera, debió también existir un cuerpo adosado, rematando por el este el edificio residencial. En efecto, existen indicios del empotramiento de estructuras leñosas, a 5 metros sobre el nivel actual, que correspondería al forjado, y a 9,80 metros la de cubierta, prolongación de la hilada afectada a que se hecho referencia anteriormente. Además refuerza esta hipótesis el hueco renacentista abierto en el muro sur de esta capilla, cegado por el interior, justo debajo del arco formero de la bóveda. Y la percepción de la cubierta, con un cierre lateral de fábrica cerámica, consecuencia clara de que sobre el hueco había desaparecido la fábrica de piedra original.

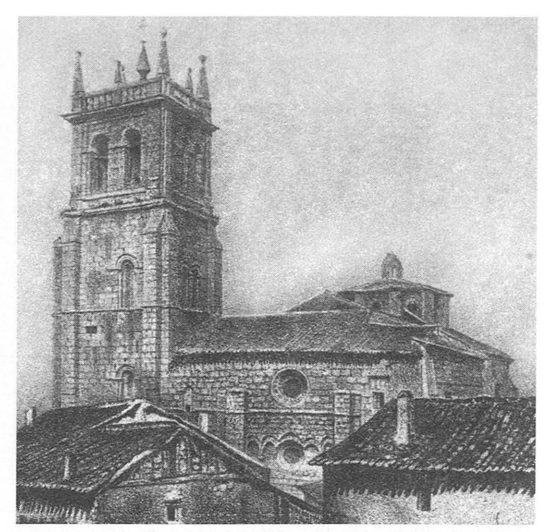


Figura 12
Grabado antiguo (Parcerisa y Quadrado 1861)

Cuerpo sobre la nave lateral sur

Las ilustraciones de Parcerisa corroboran que todavía en el último tercio del s. XIX persistía el cuerpo sobre elevado por encima de las bóvedas laterales, aunque parece que no el edificio adosado al muro sur, salvo que este no se observase con esa perspectiva.

Según la tradición en esta edificación sobre la nave lateral pudo ubicarse una cárcel para eclesiásticos. La comparación de las fachadas oeste y sur en 1861 y en la actualidad pone de manifiesto la integración de dicho añadido elevado a través de una línea de imposta prolongada desde la torre, justo bajo el gran rosetón, y de un hueco rectangular enmarcado en un lienzo algo rehundido y situado sobre el hueco inferior de iluminación de la nave.

Y también se unifica el alero de todo el cuerpo superior, aunque es menos desarrollado en el tramo al sur, de unos tres metros, que puede indicar la existencia de dos crujías de entre 2,5 y 3 metros sobre las bóvedas laterales. Además, la primera estaba cerrada al oeste con sillería, mientras que la del extremo parece tener un entramado relleno de mampostería y revocado, lo mismo que el contrafuerte ataluzado, hoy descarnado, y parte del paramento inferior. Todo el cerramiento al sur sería de sillarejo, con una imposta



Figura 13
Fotografía de la fachada oeste donde se pueden ver los cambios con respecto a los grabados antiguos



Figura 14
Fotografía desde el coro de la fachada sur con el hueco inferior, parcialmente tapiado, que serviría de paso al cuerpo alto construido sobre la nave lateral

saliente a media altura del muro y un hueco similar al mencionado en la fachada oeste, que se abriría por debajo de dicha imposta encima del segundo tramo de la nave, aunque esto no es fácil de precisar por la perspectiva del grabado.

Por otro lado, el hueco rematado con arco de medio punto que ilumina el cuerpo elevado entre la torre y la nave central, estaba cegado salvo pequeña ventana, indicando que dicho cuerpo estaba total o parcialmente ocupado por una estancia desde la cual, a través del estrecho coro alto o puente, se comunicaba con la zona ampliada por el sur.

Esto también se aprecia por el interior: en efecto, el paso estrecho sobre el coro renacentista desemboca en un hueco, hoy cegado, que comunicaba con la estancia construida en el lado sur sobre las bóvedas laterales. A su izquierda se abre un gran hueco rematado superiormente con un arco rebajado, parcialmente tapado por la cubierta de la nave lateral.

En el muro opuesto, que es el cerramiento del cuerpo elevado sobre la nave noroeste, adyacente a la torre, se observan las marcas de huecos cegados, simétricos a los citados: una puerta en el extremo del paso elevado sobre el coro, un hueco de iluminación

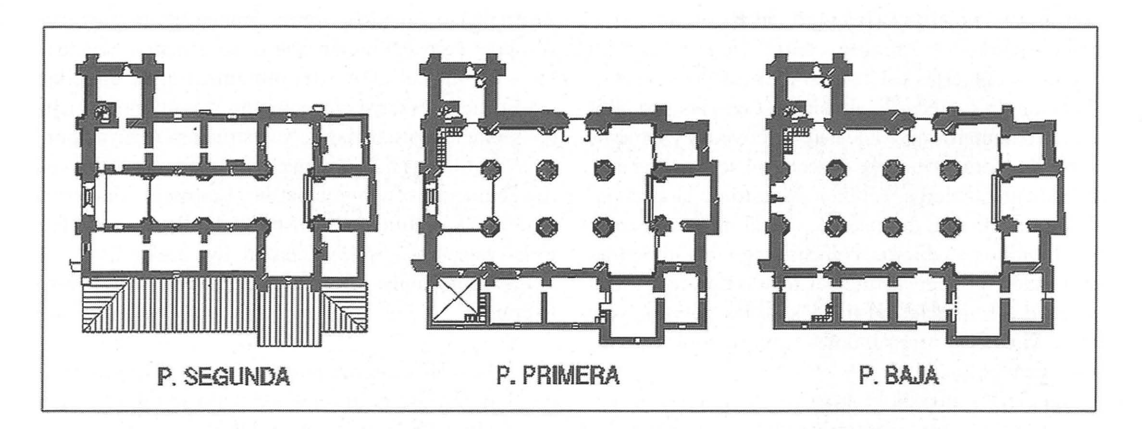


Figura 15
Planta de cómo puedo ser el edificio con todos los cuerpos añadidos y edificados sobre las naves laterales

de la nave antes de construirse la torre, y debajo de él, un hueco enfrentado al abierto en el muro opuesto. Ambos se encuentran a idéntica altura, 8,40 metros lo que indica que debió existir un paso elevado entre ambas naves, en esta posición, que se suprimió y sustituyó por el actual, construido probablemente a la vez que el coro, aunque casi un metro más alto para poder salvar el arco que comunica la nave principal y la lateral.

Cuerpo sobre la nave lateral norte

En el Estudio monográfico de la iglesia parroquial de Sta. María la Mayor, de Piqueras/Lorenzo, se recoge una imagen titulada «Santa María en 1910, en que se observa la fachada norte del edificio, y se aprecia con claridad cómo se habían construido volúmenes sobre las naves laterales y la capilla correspondiente del ábside, de tal modo, al igual que sucede por la parte sur, la iglesia aparecía con un solo volumen de tres plantas y la altura de la nave central. Sólo sobresalía el cimborrio, con la pequeña espadaña que servía de campanario, y la torre.

En dicha foto pueden percibirse las ventanas en los cuerpos añadidos sobre las naves y otras pequeñas y estrechas muy próximas al alero, especialmente sobre la nave del ábside, cuya cubierta aparece incluso sobre elevada respecto a la del crucero. Ello parece indicar que existió un bajo cubierta de cierta entidad, que probablemente se utilizó para comunicar, por el lado este, es decir, sobre la capilla mayor, los cuerpos añadidos a ambos lados, y poder acceder, sobre las bóvedas del crucero, a las otras estancias situadas sobre las naves laterales.

Últimas modificaciones documentadas

No se tienen datos sobre la reforma que suprimió la residencia episcopal adosada al muro sur, ni la demolición de los cuerpos elevados sobre las naves laterales para retrotraer la imagen de la iglesia a su estado original. Pero ello conllevó, sobre todo en el segundo caso, la reconstrucción de las cornisas y aleros, así como la disposición de nuevas cubiertas, con armadura de madera que probablemente tapaban buena parte de los esbeltos ventanales que, sobre la nave lateral, iluminan la nave principal.

Sí se conocen las remodelaciones de los años 1976 y 1980, llevadas a cabo por el Ministerio de Cultura, tratando de de mejorar las condiciones materiales del edificio, pero también de conseguir una apariencia más acorde con la intención de los constructores.

Intervención de 1976

La intención declarada por el arquitecto funcionario en el proyecto fechado en septiembre de 1975 es: «la consolidación y limpieza de bóvedas con la restaura-

ción de las cubiertas» (Instituto del Patrimonio Histórico español —Archivo central, leg. 556 nº 1) Como las cubiertas estaban en mal estado, con acumulación de suciedad y en parte sostenidas por tabiquillos palomeros apoyados en las bóvedas y tableros de rasilla, «prácticamente desechos», se propone sustituir dichos tableros, cambiar el resto de la armadura, supuestamente de madera, por el mismo sistema de tabiquillos y tableros, colocar luego una impermeabilización y luego formar el tejado con teja vieja. De paso, se limpiaría el trasdós de las bóvedas y se revisarían éstas, rejuntándolas y retacándolas en los casos necesarios.

Los certificados de la arquitecta Ana Iglesias, encargada de la dirección de las obras, especifican lo siguiente:

- Fábrica de sillería en bóveda, muros y ventana (no se especifica de qué parte).
- Desmontado de cubiertas.
- Formación de losas de cubierta de hormigón armado.
- Estructura de cubierta formada por tabique y tablero de nervo-metal.
- Formación de cubierta con teja curva.
- Rejuntado y picado de paredes y bóveda de torre.
- Desmontado de ventanales de linterna.
- Colocación de nuevos ventanales y cristales en general.
- Picado y rejuntado de paramentos de fachada principal.
- Levantado de tarima del coro y demolición de estructura del piso.
- Colocación de rastreles y tarima.
- Consolidación y rejuntado de contrafuertes.
- Limpieza y desescombro.

Las catas hechas en 2008 permiten comprobar que, en realidad, el faldón se construyó con tableros cerámicos apoyados en los tabiquillos, y que no se dispuso ningún fieltro bituminoso enarenado, o bien, éste se eliminó en alguna obra de mantenimiento posterior.

Intervención de 1980

La misma Dirección General del Patrimonio Artístico, Archivos y Museos, encarga cuatro años después al arquitecto José Mª Gómez Santander un proyecto de obras de restauración que él considera «...tendentes a depurar el estilo del monumento, de aquellas modificaciones cuya ejecución no han ido produciendo alteración sustancial de su estructura o cuya aportación estilística no ha supuesto en ningún caso, el enriquecimiento o integración en el edificio, sino obra arbitraria y/o utilitaria.» (Instituto del Patrimonio Histórico español —Archivo central, leg. 556 nº 2)

Las actuaciones principales previstas en el proyecto eran:

- Restauración del pórtico de entrada, principalmente de columnas del lado izquierdo muy afectadas por erosión debida a factores ambientales.
- Apertura de la entrada oeste, bajo doble arco, una de cuyos huecos estaba cegado con sillería. Se propone su demolición y colocación de puerta de madera como el hueco contiguo.
- Restauración de dos contrafuertes, uno de ellos reconstruido con ladrillo de tejar, en vez de piedra. El otro, separado unos centímetros del muro, al no hallarse trabado con él, y por tanto sin aparente función estructural, aunque no se propone demolerlo.
- Demolición de la escalera de subida al coro. Colocación de una nueva escalera de caracol en la torre y creación de un nuevo acceso desde ésta al coro mediante pasarela metálica.

Consolidación de la torre en 2001

En diversos documentos y planos de los proyectos citados se observan grandes grietas en la fábrica de sillería de la torre, sobre todo en su fachada oeste. En el año 2000 se encargó al arquitecto Francisco Jurado las obras necesarias para su consolidación. Una reseña obtenida de Internet de su página sobre Intervenciones en estructuras de edificios históricos, menciona que «La torre presentaba fuertes agrietamientos y había entrado en proceso acelerado de ruina que, aunque monitorizado, denotaba un a disgregación interna de las fábricas».

La intervención consistió principalmente en inyecciones de cal hidráulica, previo rejuntado de los sillares exteriores, para colmatar y aglomerar todo el interior de las fábricas. Se alcanzó a inyectar el 5% del

volumen total de los muros. Cuando la cal llegaba a las zonas disgregadas, lo movimientos que estaban siendo controlados se iban reduciendo hasta su completa estabilización.

Actuaciones en 2008

La caída de un sillar de la bóveda sobre el coro obligó una intervención de urgencia, cerrándose la iglesia temporalmente, lo que se aprovechó para llevar a cabo estudios previos necesarios para la previsible sustitución de las cubiertas. Se apeó la bóveda del coro y se hizo una revisión detallada de todas las bóvedas, eliminando los rejuntados disgregados que han estado desprendiéndose paulatinamente.

Además de documentar todas y cada una de las bóvedas, se realizó una intervención de emergencia en la bóveda del coro hasta su reparación mediante la introducción de un husillo cuya presión sobre las dovelas adyacentes sustituirá temporalmente el empuje correspondiente al sillar caído. Se hizo el pertinente informe del estado de cubiertas y bóvedas y además un levantamiento fotogramétrico del edificio.

Conclusiones

La iglesia de Santa María de Villamuriel de Cerrato es un ejemplo de edificación con varias funciones: la religiosa como templo, la residencial como alojamiento de obispos de Palencia, a la vez que la defensiva por el lugar estratégico en que está situada y por los ocupantes. Fue construida en una villa donada por el rey de Castilla al obispado y ni los estudios históricos documentados, ni los vestigios arquitectónicos que han llegado a nosotros permiten corroboran la hipótesis que cierta tradición popular y algunos escritos menos relevantes señalan de que fue parte de un monasterio de la orden templaria, que sí que estuvo asentada en la cercana Villalcázar de Sirga, con la que diversos historiados encuentran grandes semejanzas.

La función de residencia hizo que la iglesia sufriese transformaciones, con cuerpos anejos que se debieron de edificar en la fachada sur, cuerpos sobre las naves laterales, pasos por encima del coro de unos cuerpos a otros y el cuerpo añadido a la torre, con lo que el aspecto de la iglesia se fue transformándose hasta llegar tener el de un edificio de una sola nave. Tras la desamortización, se empezó a desmontar o demoler toda la obra añadida a la iglesia hasta recuperar casi su aspecto primitivo.

Lista de referencias

Centro de Estudios del Románico. 2002. *Enciclopedia del Románico*. Palencia. Editado por la Fundación Santa María la Real.

Instituto del Patrimonio Histórico Español, Archivo Central. Legajo 556 nº 1. *Proyecto de Restauración de la iglesia de Santa María la Mayor de Villamuriel de Cerrato, Palencia.* Arquitecta, Ana Iglesias González, 1976.

Instituto del Patrimonio Histórico Español, Archivo Central. Legajo 556 nº 2. *Proyecto de Restauración de la iglesia de Santa María la Mayor de Villamuriel de Cerrato, Palencia.* Arquitecto, José María Santander, 1980.

Parcerisa, F.J.; Quadrado, J.M. 1861. *Recuerdos y bellezas de España.* Palencia.

Piqueras, R.; Lorenzo, M. 1966. *Estudio monográfico de la iglesia parroquial de Sta. María la Mayor*. Palencia: Imprenta Provincial.

Descubriendo el Palacio Alto de Pedro I a través de sus armaduras de cubiertas y camaranchones

Cecilia Cañas Palop

No se puede hablar de las techumbres de madera del Alcázar de Sevilla como elementos independientes del mismo, y probablemente tampoco se podría hablar de la Casa Real sin detenerse en analizar sus alfarjes y cubiertas, testigos de excepción de todo cuanto allí ha acontecido a lo largo del tiempo.

El trabajo de investigación del que a continuación se expone una pequeña muestra, no es más que el intento de aproximarse este mundo de las armaduras de cubierta mediante el análisis de unos elementos muy concretos y fuertemente marcados por el espacio al que pertenecen, y quizás también los más afectados por el paso del tiempo, las modas y las restauraciones.

Realizaremos pues, un recorrido por las distintas estancias de la planta alta del palacio sirviéndonos de guías válidos las armaduras o techos que las cubren.

Subiendo por la escalera principal del palacio, cubierta por una magnífica armadura de cinco paños desembocamos en un corredor que mira hacia el Patio de la Montería y a nuestra derecha encontramos la puerta de acceso al llamado Palacio Alto.

La primera estancia (1) es el actualmente denominado Vestíbulo o Saleta de la Reina cubierto por una armadura apeinazada con tirantes, del siglo XV. A su derecha se encuentra el Anteoratorio de Isabel la Católica (2), que junto con el Oratorio y muy probablemente con el Antecomedor de Gala (3), constituyeron originalmente las habitaciones de la Reina de las que tantas referencias tenemos en los documentos originales consultados. Cubriendo ambas estancias encontramos sendas armaduras de cubiertas apeinazadas. La del Anteoratorio es la única armadura ochavada del palacio alto, y la que cubre la tercera de las estancias, es una armadura cuadrada que refuerza su estribado con cuadrales en las esquinas. Ninguna de estas techumbres, así como el resto de las que configuran los límites superiores de las estancias, sirven de cobertura definitiva, ya que sobre ellas descansan las cubiertas que las protegen y cuya configuración de espacios es distinta a la de las estancias inferiores.

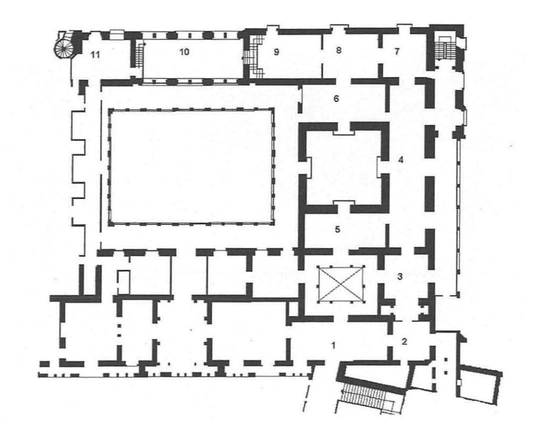


Figura 1
Plano situación de las estancias

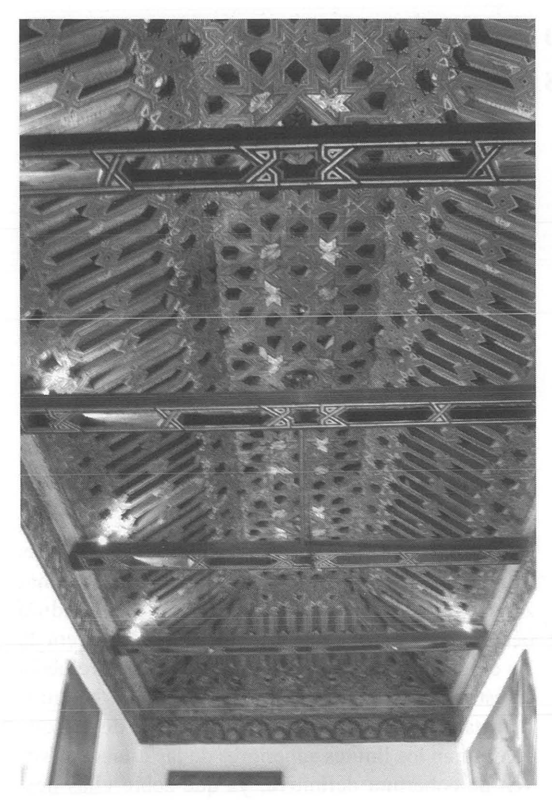


Figura 2
Armadura que cubre el Vestíbulo de acceso al Palacio Alto

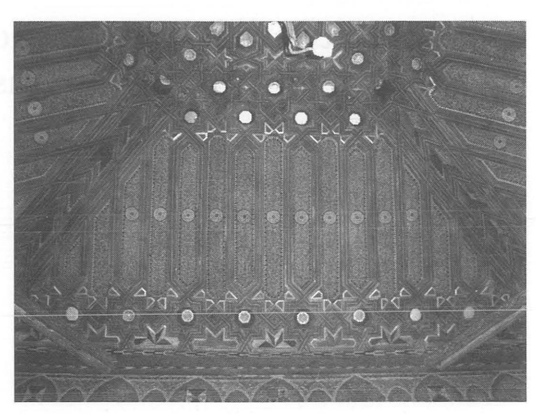


Figura 4
Armadura del Antecomedor de Gala



Figura 5
Imagen del Camaranchón sobre las tres estancias anteriores

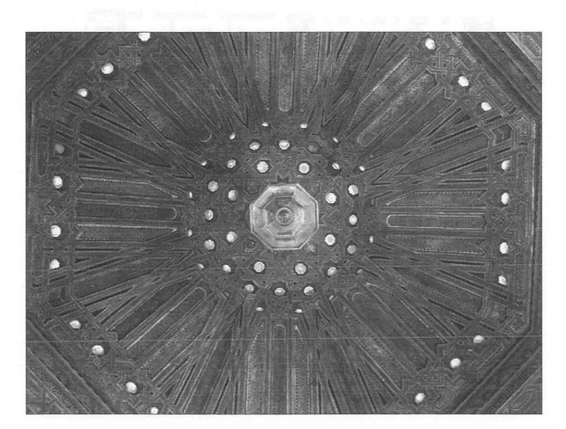


Figura 3
Armadura ochavada del anteoratorio de los Reyes Católicos

En concreto, las tres techumbres anteriores, se encuentran situadas en el interior de un único camaranchón cubierto por dos armaduras situadas en cada una de las distintas vertientes de la cubierta final.

La sala inmediata es El Comedor de Gala (7), construido según Ana Marín[1] hacia 1594. Se trata de la sala principal de paso y única de esta zona que no presenta armadura decorativa, sino que se cubre con un techo plano en el que se abren tres lucernarios.

Este comedor de gala sufrió una transformación radical en el siglo pasado que nos impide incluso imaginar su primitivo aspecto. La documentación existente no habla de cubrición, ni siquiera menciona esta pieza. En la actualidad recibe luces por tres lucernarios abiertos en su

cielo raso isabelino, pero primitivamente tuvo ventanas muy altas, hoy cegadas, situadas por encima del tejado de la galería, que nos hacen sospechar una solución de bóveda de yesería.

Estas transformaciones se realizaron en el año 1876, en el que en el Palacio Alto se repararon numerosas estancias:[2]

> Apertura en el techo del Comedor de un óvalo para luces con cristales esmerilados y ... reparación de la solería, muros y cielo raso, colocar zócalos sencillos, imitación a nogal, y pintar el cielo raso, muros y puertas: particularmente colocar un zócalo de pino imitación a nogal, de la misma clase que el antiguo, y colocar los tapices del dicho comedor, y pintar el cielo raso parte de los muros y puertas.

En el interior del Comedor se abren dos puertas a la izquierda que dan paso a los Salones de Fumar (5)



Figura 6
Comedor de Gala

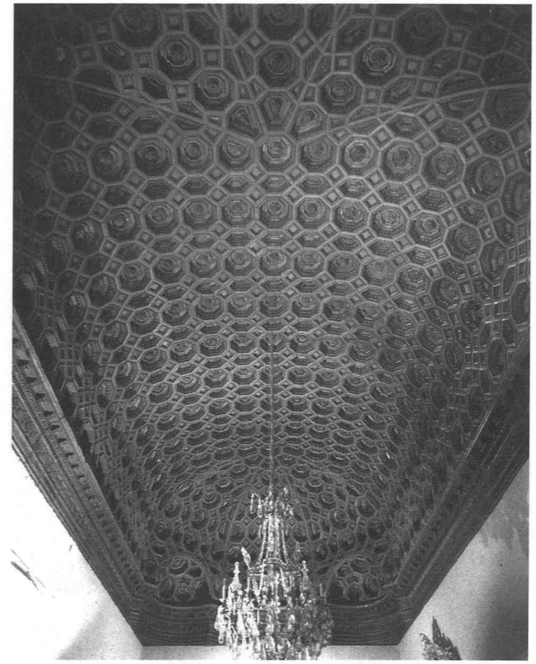


Figura 7
Armadura de la Sala de Fumar

y de Billar (6), situados a izquierda y derecha respectivamente de uno de los balcones que abren al Salón de Embajadores que comparte muro de cerramiento con él. Las dos piezas están cubiertas por dos magníficas armaduras cuya construcción se atribuye a Martín de Infante en la última década del siglo XVI, por lo tanto durante el reinado de Felipe II. A este maestro se deben todas las techumbres que se encuentran en la zona de poniente del palacio.[3]

La armadura que cubre la Sala de Fumar es considerada como una de las obras maestras de las muchas que hay en el palacio. Se trata de un artesonado resuelto mediante casetones octogonales que al unirse forman rombos y pequeños cuadrados y que se decoran mediante diversos motivos florales, ovas y dardos. El alfarje posee unas pechinas necesarias en la configuración semicircular de los faldones testeros, decoradas mediante un círculo central y dos cartabones. Todo el conjunto descansa sobre un friso de ménsulas seguido de una moldura de ovas y dardos y de un denticulado y por debajo se dispone una faja de figuras geométricas en resalto limitada por moldu-



Figura 8
Armadura de la Sala de Billar

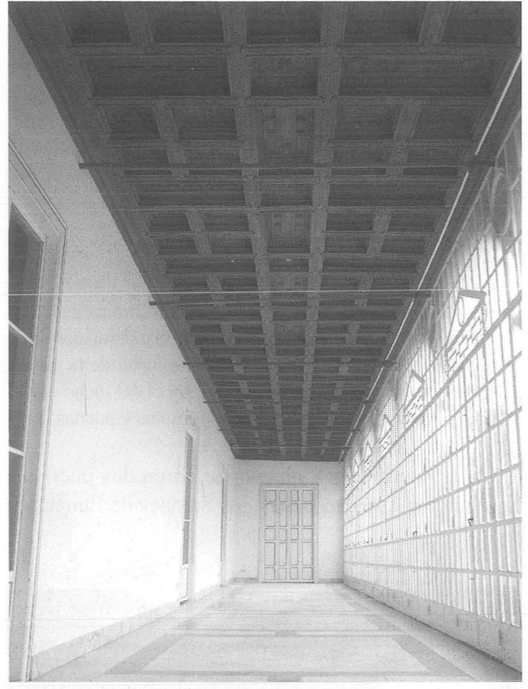


Figura 9
Corredor del Príncipe

ra decorativa. En concreto fue realizado en el año 1591 tal y como queda inscrito en cada uno de sus laterales.

La Sala de Billar, equidistante a la anterior con respecto al Salón de Embajadores queda cubierta por otro alfarje de artesones dispuestos en retícula, que alternan casetones cuadrados con decoración íntegramente geométrica y otros de menor tamaño en los que se incluyen temas florales. Nuevamente todo el conjunto descansa sobre un friso de profusa decoración, diseños, tomados en los dos casos de los que se muestran en el libro cuarto de Serlio.

A la derecha de la zona destinada a la reina y Comedor de Gala se encuentra el Corredor del Príncipe (4), que mira a los jardines que llevan el mismo nombre. Esta estancia se construyó muy probablemente para unir los aposentos de la reina con los del rey, situados en la zona opuesta del palacio, y sus obras comenzaron a partir de 1589, año en el que por este motivo se sustituye la armadura situada en la estancia inferior y se comienza a construir «la techumbre de la media caña» llamada en la actualidad sala del techo de Felipe II.

En concreto, este corredor está cubierto por un alfarje también atribuido, como los dos anteriores a Martín de Infante, ya que era este maestro mayor junto con Lorenzo de Oviedo, maestro de cantería. Se trata de un artesonado en el que los casetones se distribuyen mediante retícula cuadrada y que poseen una sencilla decoración geométrica de gallones y un denticulado como límite de cada artesón y que queda rematado mediante un friso perimetral que recoge los mismos motivos.

> A partir del 17 de Agosto (1592) los carpinteros comienzan a tallar los artesones para el entresuelo alto de dicho corredor. La madera para estas intervenciones sería comprada por el maestro mayor de carpintería Martín de Infante que en estas fechas se trasladó por espacio de cuatro días a Guadajoz donde adquirió 150 pinos para las obras del Alcázar. La talla de los artesones para la techumbre alta del corredor continuaría hasta finales de año.

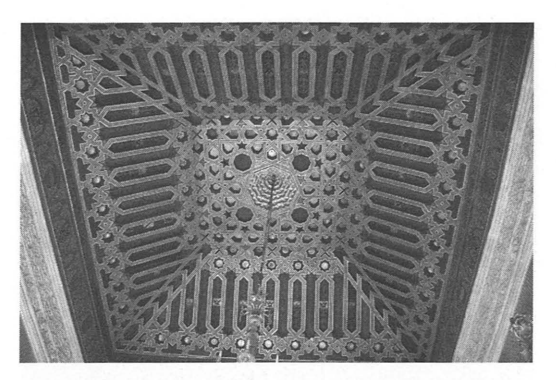


Figura 10
Armadura que cubre el Retrete del Rey



Figura 12
Armadura del Comedor de Familia

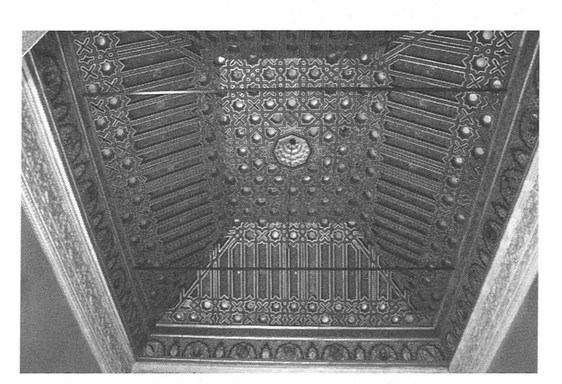


Figura 11
Armadura del Antecomedor de familia

Si atravesamos este corredor, o el Comedor de Gala nos encontramos con la primera de las estancias que formaban parte de las habitaciones del rey en tiempos de los Reyes Católicos y que actualmente se conoce como el Retrete del Rey (7). A finales del S. XVIII esta zona era la destinada como habitaciones de la alta servidumbre tal y como nos indica Gestoso[4] cuando menciona a esta zona del palacio, que para él carece de importancia artística, a excepción, por supuesto, de las armaduras que cubren las estancias.

> Por la puerta que está en el testero del comedor, pásase a las habitaciones de la alta servidumbre de S. M., en las cuales sólo hallamos digno de mención, algunos techos notables al estilo mudéjar, que creemos proceden de las obras efectuadas en los siglos XV y XVI.

La sala contigua es el actual Antecomedor de familia (8), estancia, antiguo Cuarto del Rey, y que junto con el resto de las salas que lo flanquean, y en particular la sala siguiente llamada Comedor de Familia (9), constituían el llamado Cuarto Nuevo del que tenemos muchos datos, pero ninguno en particular de esta estancia.

Ana Marín nos habla de la construcción de una serie de estancias en el ala sur del palacio con el fin de conseguir una zona confortable durante los meses de invierno. Parece ser que en el año 1539 se reparaban los enmaderamientos de todo el ala, construida con toda probabilidad en tiempos del Emperador Carlos V.

Si seguimos nuestro recorrido por la planta alta del palacio llegamos al Mirador de lo Reyes Católicos (10), que, situado a una cota superior a la del resto de estancias, carece de espacio practicable entre la cubierta final del edificio y la armadura que lo cubre.

En febrero de 1540 los albañiles comienzan los trabajos de doblado de los tejados de esta estancia, que construida en tiempo de los Reyes Católicos es completamente remodelada por los maestros de Carlos V, en concreto por Luis de Vega, que es quien realiza el proyecto en este ala sur del palacio. Es en este momento en el que se convierte en una sala cerrada tapiando los vanos que conforman sus miradores y cubriendo su antigua techumbre con un nuevo enmaderamiento más bajo.

> La sala fue profundamente transformada durante el siglo XVI habiendo recuperado su primitiva fisonomía du-

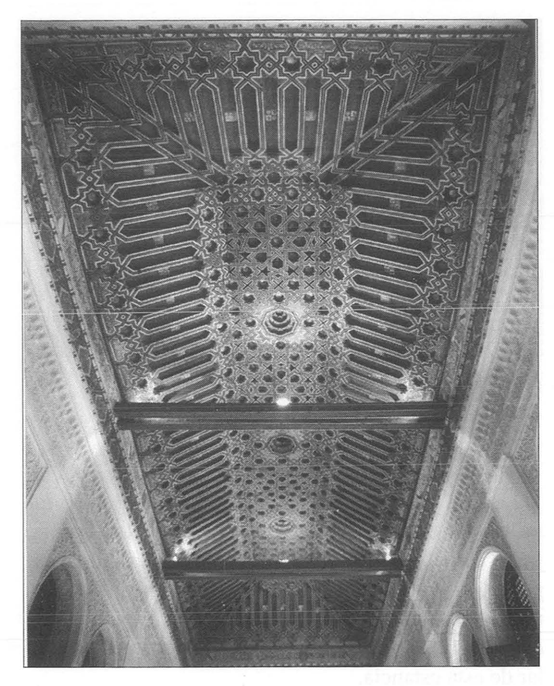


Figura 13
Mirador de los Reyes Católicos

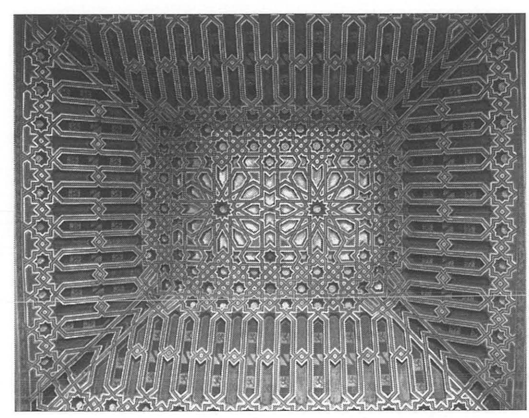


Figura 14
Dormitorio de Don Pedro

rante la restauración desarrollada recientemente por Rafael Manzano Martos en 1977.[5]

Por último, en el ángulo sur oeste del palacio se encuentra una de las dos estancias más antiguas de la planta alta del palacio, construidas junto con el resto por Pedro I en el siglo XIV llamada Dormitorio del Rey Don Pedro, antiguo Cuarto de los Lagartos (11) y que en origen tenía dos alcobas, una de ella eliminada para construir el anterior Mirador. El motivo de su edificación fue que la planta baja era demasiado fría y húmeda por lo que don Pedro, al casarse en segundas nupcias con doña María de Padilla, quiso tener unas habitaciones en planta alta, más abrigadas del frío invernal que perjudicaba a su esposa.[6]

Todas estas salas que forman parte del ala sur del palacio que da a los jardines están cubiertas por armaduras apeinazadas con una rica decoración de lazo que han sufrido importantes transformaciones a lo largo del tiempo.

En este año se terminó la techumbre correspondiente al cuerpo alto que ostenta una inscripción con el año 1594 en su primer tramo.

Aunque la mayor parte de lo que nos ha llegado es original, también quedan numerosos restos de actuaciones, algunas visiblemente presentes y otras que se deducen a partir de huellas insertas en los muros de las estancias, y de las que no podemos dejar de buscar su origen, o relación con los datos actuales. Por lo tanto, junto con el análisis constructivo de las techumbres, no puede ir separado el de sus modificaciones y transformaciones dentro de un proceso que ha estado presente en las armaduras prácticamente desde su construcción.

El hecho de estudiar las armaduras mudéjares del alcázar no significa que se pretenda ampliar el inventario necesario sobre esta tipología constructiva, aunque si pueda ser un granito de arena, sino tener un perfecto conocimiento de las mismas.

Los camaranchones del Palacio

Del Palacio de Pedro I es sobradamente conocida su planta baja y no tanto la parte superior, recientemente abierta al público y de carácter más privado. Sin embargo queda por descubrir totalmente un tercer mundo escondido entre las armaduras de cubiertas y los tejados del Palacio.

El edificio cuenta con una «tercera planta» oculta, que queremos y debemos destacar dada la gran canti-

dad de datos acerca de la historia del monumento, en concreto de sus trazas originales y modificaciones posteriores, que sus paramentos contienen.

El estudio detallado de estos elementos queda fuera de nuestro alcance ya que sería preciso un análisis muy extenso y específico, tanto constructivo como arqueológico de dichos muros y elementos que contienen y apoyan, sin embargo hemos realizado un tercera ruta para visitar el monumento desde sus entrañas mas profundas. La relación entre estos espacios y nuestras armaduras es evidente ya que se encuentran depositadas en su interior, siendo nueva la perspectiva que se abre de estos ejemplares y del resto de elementos relacionados.

Sin embargo, la extensión del trabajo no permite en este momento su difusión. Queremos destacar la importancia de esta investigación en curso como prolongación del trabajo del que hemos iniciado y del que hemos expuesto una breve síntesis.

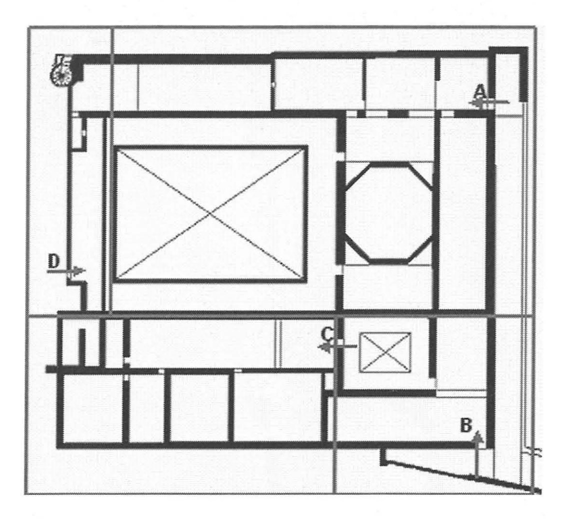


Figura 15
Plano de los camaranchones del Palacio de don Pedro con indicación de las puertas de acceso a los mismos

Notas

1. Marín Fidalgo, A. 1992. *El Alcázar de Sevilla bajo los Austrias.* Sevilla: Ediciones Guadalquivir S.L.
2. Arraa. Caja 834. Año de 1876. Relación de obras verificadas en los RRAA de Sevilla y final del Real Patrimonio hasta la fecha. Real Palacio. Piso Principal del Palacio
3. Fidalgo 1992.
4. Gestoso y Pérez. 1926. *Guía artística de Sevilla: Historia y descripción de sus principales monuentos religiosos y civiles.* Sevilla: Extramuros Edición.
5. Hernández Nuñez, J.C. y Morales, A.J. 1999. *El Real Alcázar de Sevilla.*
6. De Mena, J.M. 1987. *El Alcázar de Sevilla. Una visita a sus palacios y jardines.*

La Historia de la Construcción a través de la revista Informes de la Construcción

Pepa Cassinello

La revista Informes de la Construcción, fundada por Eduardo Torroja en 1948, es sin duda un importante legado documental de la Historia de la Construcción. Además, a diferencia de otras muchas y fundamentales fuentes escritas, no se trata tan solo de un relevante y amplio conjunto de análisis particulares de innovadoras obras de arquitectura e ingeniería civil, sino que siguiendo el objetivo con el que Eduardo Torroja la creó, esta revista responde en su conjunto a una clara y rotunda idea metodológica de cómo debe entenderse, difundirse y enseñarse la evolución tecnológica de la Historia de la Construcción.

A través del «análisis del análisis» realizado por la revista, y utilizando de una pequeña selección de obras concretas construidas por algunos de los máximos representantes de la Arquitectura y la Ingeniería Moderna; Wright, Le Corbusier, Saarinen, Neutra, Torroja, Salvadori, Hossdorf..., es posible extraer el conocimiento, no solo de cada específica innovación tecnológica y constructiva aportadas en cada una de ellas, sino también, de la metodología analítica seguida por la revista, que no es otra que la misma con la que Eduardo Torroja creó «su internacional Escuela».

En efecto, la revista no solo analiza unas obras concretas; sistemas constructivos, tecnologías, materiales, sistemas de cálculo,... sino que además resalta la innovación tecnológica y constructiva aportada en cada caso, difundiendo también las patentes utilizadas (encofrados, elementos estructurales y constructivos, maquinaria,...) a través de anuncios diseñados por el propio equipo de redacción de la revista, que aportan el conocimiento del mercado de la construcción en cada momento de la historia. Hecho que permite el reconocimiento de una innovación específica al estar referida en el contexto internacional del estado del conocimiento y avances alcanzados por la industria.

Los resultados presentados en esta comunicación son parte de la investigación realizada con motivo del cumplimiento de los 60 años de la revista Informes de la Construcción del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas CSIC (Cassinello 2008).

Introducción. El espíritu impreso de una idea

El legado de Eduardo Torroja abarca, de forma relevante e innovadora, diversas y complementarias parcelas del desarrollo de la Ciencia y la Técnica de la Construcción. No en vano, es reconocido internacionalmente como proyectista, científico, investigador, gestor y docente. El ingenio de su especial modelo de pensamiento convirtió su obra en una encadenada aportación de innovaciones, que no solo forman parte del más representativo Patrimonio de la Modernidad, sino que sirvieron para marcar el camino del progreso. Protagonizó en gran medida la revolución científica y técnica que abrió paso al trepidante desarrollo del hormigón armado y pretensado durante la primera mitad del siglo XX, contribuyendo también



Figura 1
Anuncio para captación de anuncios comerciales internacionales. Informe en Informes en; español, inglés, francés y alemán

a la evolución de la industria de la construcción española. Como padre de los ensayos científicos sobre modelos, potenció la evolución y aparición de nuevos tipos estructurales y constructivos. Pero sin duda, pese a la relevancia de su plural y fructífero trabajo, el más importante legado del insigne Eduardo Torroja, tal y como el mismo manifestó antes de morir (Torroja 1961), es su internacional *Escuela*. Un determinado modelo de pensamiento y actuación, cuya meta fue el *desarrollo*, *difusión*, *promoción* y *enseñanza* de la aplicación práctica y directa de la innovación científica y técnica en la Ingeniería y la Arquitectura. La revista Informes de la Construcción, fundada por Eduardo Torroja en el año 1948, fue la voz impresa de esta internacional Escuela. Por esta razón, la Historia de la Construcción a través de esta revista permite al lector, no solo su conocimiento, sino el claro entendimiento de su «razón de ser», evolución y desarrollo.

Durante las décadas doradas de los años 50 y 60, en pleno desarrollo de la Modernidad, así como del hormigón armado y pretensado, la enorme demanda internacional de esta revista desemboco en la traducción de los resúmenes de sus artículos y anuncios comerciales en diferentes idiomas; inglés, alemán y francés (figura 1). El éxito de esta revista estuvo en gran medida basado en el hecho de que quienes la escribían estaban protagonizando la construcción de la más relevante historia de la construcción civil y arquitectónica.

EDUARDO TORROJA / ITCE-ITC-ITCC

Para entender el relevante legado que esta revista representa para la Historia de la Construcción, es necesario recordar brevemente el significado y vocación del propio Instituto fundado por Eduardo Torroja, al cual nació unida de una forma muy especial, sirviéndole de cauce de difusión de un determinado modelo de pensamiento y actuación.

El Instituto Técnico de la Construcción y la edificación itce, fundado por Eduardo Torroja en 1934 fue la más importante respuesta global a la demanda del primer Congreso CIAM celebrado en 1928. En efecto, bajo la protagonista voz de Le Corbusier, se puso de manifiesto la necesidad de hacer partícipe a la Arquitectura de los avances técnicos y científicos que estaban transformando el mundo y generando una nueva forma de vida. La Arquitectura no podía quedarse al margen, era necesario iniciar con urgencia las investigaciones necesarias para alcanzar finalmente la revolucionaria meta de los sistemas de producción del siglo XX: La Prefabricación, consecuencia directa de la revolución industrial y la aparición de nuevos materiales, que desde finales del siglo XIX habían iniciado el cambio. Cuando Le Corbusier dijo «aquí y ahora ha nacido una nueva arquitectura», no hablaba solo de arquitectura, estaba proclamando el nacimiento de un nuevo modelo de pensamiento que se venía fraguando desde finales del siglo XIX, y que desde entonces se extendería sin reconocer fronteras, porque su *razón de ser* no estaba basada en una idea o un deseo de cambio en sí mismo, su razón era la necesaria adaptación a la actualidad científica y técnica que imparablemente transformaría el mundo.

La clave era «Investigar». Por ello, la revolución científica acaecida en el campo de la construcción civil y arquitectónica impulso a nivel mundial la rápida aparición de Centros de Investigación especializados, en cuyas manos estaba el futuro de su evolución y desarrollo. Pero, mientras que en algunos países como Estados Unidos, Alemania, Inglaterra o Suiza, no solo el gobierno, sino también las propias empresas constructoras, contaban con centros de experimentación que podrían garantizar el progreso de la construcción con nuevos materiales y elementos estructurales y constructivos, en otros países más deprimidos, como España, ni el gobierno ni las empresas e industrias particulares del gremio, podían costear Centros de Investigación con capacidad suficiente como para impulsar la necesaria evolución de los sistemas constructivos hacia la industrialización. Bien es cierto que España contaba con un laboratorio estatal desde el Real Decreto del 12 de agosto de1898, en el que la Reina Cristina, decretó la creación del Laboratorio Central para la Investigación y Ensayos de Materiales aplicables a las Construcciones. Pero este Laboratorio, inaugurado en abril de 1899, como un servicio anejo a la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid, no contó hasta 1943 ni con los medios, ni con un edificio capaz de albergar las dependencias, maquinaria y personal suficiente para poder acometer, en la forma deseada, la importante y relevante labor para la que fue creado. Pero antes de que esto ocurriera, en el año 1934, se crea la primera institución particular destinada a la investigación —el Instituto Técnico de la Construcción y la Edificación itce—, formado y fundado por un grupo de ingenieros y arquitectos españoles entre los que se encontraba el insigne EduardoTorroja, que decidieron por su cuenta poner fin a esta lamentable «laguna científica», cambiando el rumbo de nuestra historia, acelerando el desarrollo de la industria de la construcción de nuestro país. Fue entonces cuando ocurrió, cuando realmente el camino hacia el progreso y el desarrollo de la deprimida España, empezó a deslizarse bajo nuestros pies, impulsado por la fuerza de unos pocos que fueron capaces de movilizar al país entero. Este grupo estaba formado por: Modesto López Otero, Alfonso Peña, Gaspar Blein, Manuel Sanchez Arcas, José María Aguirre, José Angel Petrirena, y Eduardo Torroja. Fue la primera organización creada en España «libremente» por particulares, con una finalidad mucho más ambiciosa que la recogida en el Real Decreto de 1889: «Investigar, Promover y Divulgar, sobre todos los campos relacionados con la construcción desde todos y cada uno de sus aspectos técnicos y científicos, para fomentar el progreso en una anticuada industria que podía producir más y mejores obras de arquitectura e ingeniería, revolucionando los sistemas de producción desde la manipulación del propio material, forzando a la evolución hacia la deseada normalización e industrialización».

La Guerra Civil española (1936–1939) paralizó momentáneamente la actividad del Instituto. En 1939 reanudo su actividad, y bajo la dirección de Eduardo Torroja, reconocido ya internacionalmente por sus innovadoras obras, el Instituto Técnico de la Construcción itc empezó a contar desde entonces con el apoyo estatal, haciendo posible que el pequeño grupo de técnicos que lo formaban, se viera incrementado sustancialmente por personal de muy diferentes especialidades, que fueron formándose bajo la dirección de Eduardo Torroja, quien consiguió que el Instituto, a través de sus propias investigaciones, adquiriera una enorme relevancia internacional en los avances técnicos y científicos de la construcción Civil y Arquitectónica. Hay que entender la especial situación económica de España, que en contraposición con los países más ricos, ni el propio gobierno, ni las empresas productoras ni las constructoras privadas, podían contar con laboratorios y personal de investigación propio, cobrando por ello mayor importancia el hecho de que existiera un Instituto capaz de albergar la totalidad de las investigaciones necesarias en todos los campos relacionados con la construcción, y fuera a la vez capaz de «ordenar, reglamentar, y difundir» los conocimientos y cambios que a nivel mundial se estaban produciendo. Por esta razón, y por la precaria situación de las ciudades y pueblos tras la Guerra Civil, el Instituto consiguió ser financiado estatalmente, reiniciando un camino que estuvo, durante estas décadas, basado en la libertad y el entusiasmo de cuantos técnicos y operarios a él pertenecieron, no dependiendo de intereses particulares de fabricantes, patentes,... En 1940, es nombrado Eduardo Torroja Director del Laboratorio Central, pasando a dirigir las dos principales entidades científicas relacionadas con la investigación del país, hecho que unido a las innovadoras obras que particularmente ya había realizado Eduardo Torroja, pone a España en un lugar preferente en los debates internacionales que se están

desarrollando sobre materiales, nuevos métodos de cálculo, producción, normas,...

El Instituto, manteniendo la libertad de su clara línea de pensamiento, pasó a formar parte, como adherido del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), que reunió la mayoría de las actividades relacionadas con la investigación, y en el año 1946 pasó a formar parte del Patronato Juan de la Cierva. Dos años después, tras este imparable desarrollo, en el año 1948 nació en el Instituto, una nueva revista que alcanzaría reconocimiento internacional —Informes de la Construcción—, que se convirtió en la voz impresa del Instituto dirigido por Eduardo Torroja. En 1949, por decisión del Patronato Juan de la Cirva, el Instituto Técnico de la Construcción, se fusiona con el Instituto del Cemento, pasando a ser el Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento (itcc), continuando bajo la dirección de Eduardo Torroja, hasta su muerte en 1961, momento en el cual el Instituto pasar a denominarse Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento (ietcc), hoy «Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja) IETcc (Cassinello 2000).

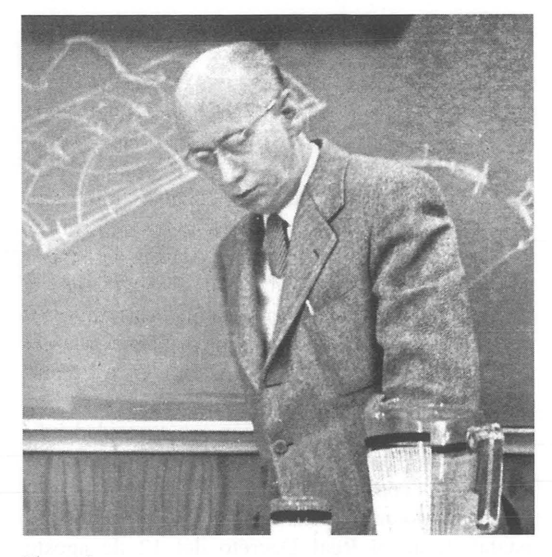


Figura 2
Eduardo Torroja. 1958 Universidad de Harvard

Informes de la Construcción

La revista fue creada por Eduardo Torroja para *difundir y promover* la innovación y el progreso de la construcción en todos sus específicos campos de actuación, por esta razón nació como voz impresa de su Instituto, y al igual que él, teñida del color de la «Enseñanza» (figura 2).

La revista estaba dirigida a todos los técnicos, científicos, profesionales y entidades cuya actividad esta relacionada con el mundo de la Construcción de la Arquitectura y la Ingeniería Civil; arquitectos, ingenieros, físicos, químicos, investigadores, laboratorios, empresas constructoras, fabricantes de materiales y elementos constructivos, y por supuesto a los centros de enseñanza, no solo universitaria especializada, sino también para aquellos destinados a los diferentes oficios. Durante los años 50 y 60, Informes de la Construcción fue el crisol técnico científico de todo cuanto acontecía en el campo de la construcción civil y arquitectónica. Por ello, no solo difundió las más vanguardistas obras de Arquitectura e Ingeniería, sino también los avances que paulatinamente se van alcanzado sobre nuevos materiales, sistemas de cálculo, líneas de investigación, etc. La revista se editaba mensualmente. Los seis primeros números se agotaron y tuvieron que ser reeditados ante la gran demanda generada, al poco tiempo cuadruplicó su tirada, y los resúmenes de sus artículos empezaron a publicarse en cuatro idiomas. Esta revista fue la única en su campo que no se limitó a publicar un solo tipo de información (Cassinello 2002). Por el contrario abarcó todos y cada uno de los aspectos que intervienen en la historia de la construcción, por ello necesito clasificar la temática de sus artículos en un total de 797 apartados diferentes, como resultado de la subdivisión de 10 temas básicos: Temas Generales, Arquitectura y sus construcciones, Ciencias Básicas y Técnicas secundarias, Instalaciones auxiliares, Resistencia de Materiales y Cálculo de Estructuras, Ingeniería y sus construcciones, Conocimientos de Materiales, Organización, precios, normas y ensayos, Elementos constructivos y procesos de construcción, Varios. Por ello, bajo el título «Informes de la Construcción», se encierra una completa y plural información sobre la Historia de la Construcción, que no solo atiende a la evolución de la técnica, sus materiales y procesos, sino también al eterno y cambiante debate de la demanda del estado del Arte. Por esta razón, la revista Informes

de la Construcción incorporó en sus portadas, durante más de 20 años, portadas pictóricas entre las que destaca de forma muy especial una acuarela original de la «Casa de la Cascada» que Frank Lloyd Wright cedió a la revista Informes de la Construcción (figura 3).

En las décadas de los años 50 y 60 la revista estaba estructurada en las siguientes secciones:

- *Artículos* de Arquitectura e Ingeniería desde muy diferentes aspectos (generales, enseñanza, sistemas constructivos, procesos de construcción,...). Una media de 7 artículos en cada número.
- *Noticias* breves sobre la innovaciones aparecidas, que en números posteriores suele desarrollar más ampliamente, como la aparición en el mercado de un nuevo sistema de anclaje, la construcción de un edificio, puente, carretera, presa de interés específico y novedoso,...
- *Actividades del Instituto*, aportando resumen de todas las principales actividades desarrolladas; investigaciones, seminarios, jornadas, congresos, cursos, normas redactadas, reuniones nacionales e internacionales,...
- *Publicaciones del Instituto*, referenciando las nuevas publicaciones que paulatinamente iban apareciendo, así como recordando esporádicamente, el conjunto de todas las existentes a disposición de sus lectores.
- *Concursos,* que en su mayor parte convocaba el propio Instituto (1948–1970) con el fin de potenciar el progreso forma directa y aplicada en referencia a temas muy diferentes y específicos.
- *Bibliografía*, en la que referencia publicaciones nacionales e internacionales en relación al amplio campo de conocimiento que abarcan la construcción de la Ingeniería Civil, la Arquitectura, así como la propia investigación en la que se basa el progreso de ambas disciplinas.
- *Fichero Industrial* cuyo objetivo fue (1949–1960) facilitar al lector el conocimiento ordenado de todos los materiales, elementos, y empresas constructoras que el mercado ofrecía en el campo de la construcción. El fichero industrial aparece por primera vez en el número 11 de la revista (mayo 1949) y por última vez en el número 133 (septiembre 1960).
- *Anuncios* de nuevas patentes, casas comerciales, industrias, y empresas constructoras.
- *Anuncios informativos* sobre la celebración de congresos nacionales e internacionales o actos de relevancia relacionados con el mundo de la construcción.

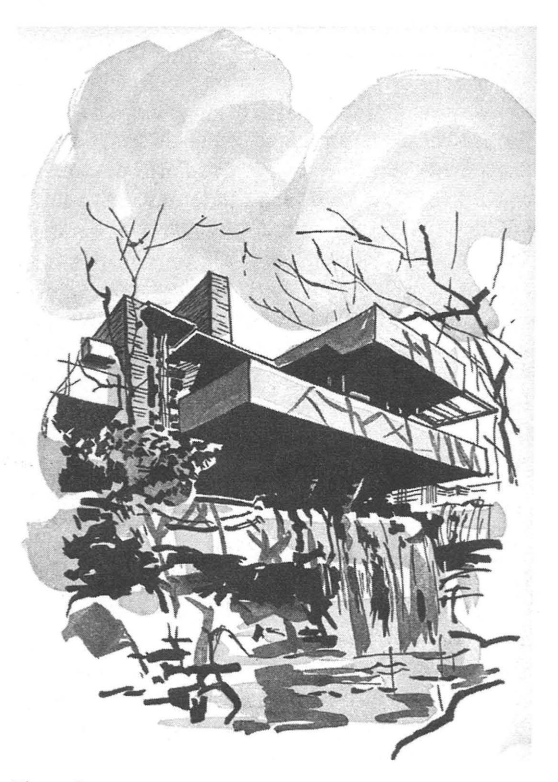


Figura 3
Portada Informes de la Construcción nº 110 (1959). Fallingwater/la Casa de la Cascada. Autor: Frank Lloyd Wright

Desde su inicio la revista contó con la colaboración de las más destacadas revistas internacionales, con las que Eduardo Torroja estableció una red de intercambio de información a través de su Instituto, entre ellas; Annales de L'Institut Technique du Batiment, Architec and Engineer, Architectural Design, Architectural Forum, Batir, Bauen und Wohnen, Baulwelt, Beton und Stahlbetonbau, Brithis Engineering Export Journal, Civil Engineering (American Society of Civil Engineers), Civil Engineering and

Public Works Review, Concrete, Concrete and Constructional Engineering, Construction Métodos and Equipement, Der Bau, Der Bauingenieur, Detsche Bauzeitung, Domus, Edilizia Moderna, Engineering, Engineering News Record, Excavating Engineering, Giornale del Genio Civile, Heating and Ventilating, House and Home, Il Cemento, Journal of the American Concrete Institute, Journal of the Royal Institute of British Architects, La Technique des Travaux, La Technique Moderne – Construction, L'Architecture D'Aujourdhui, Le Gene Civil, Leichbeton in Schweden, L'Equipement Mecanique, L'Ingenere, L'Ossature Matellique, Materiaux de Construction, Ospedali, Progressive Architecture, Publicjs Works, Publics Road, Techniques el Architecture, The Architec, Travaux, Western Construction News,...

Con este internacional intercambio de información, la revista Informes de la Construcción cubría la difusión de una amplia gama de diferentes temas innovadores de forma rápida, facilitando el conocimiento en España de cantidad de temas, cuyas publicaciones no estaban al alcance habitual de todos los técnicos e industriales de la construcción. Por otra parte, el hecho de ser traducidos, además de adaptados, resolvía el grave problema que, en aquellos años, representaba la indudable barrera de los idiomas. La revista Informes, se convertía así, no solo en traductor, sino en el crisol técnico científico de las novedades de mayor interés. Pero además de esta valiosa labor de análisis, traducción y adaptación de diferentes publicaciones internacionales sobre un mismo tema innovador, también se recogían en la revista artículos procedentes de Boletines de asociaciones y universidades internacionales, que el Instituto dirigido por Eduardo Torroja, consideraba de interés para ser difundidos. Este fue el caso de algunos boletines de la Association Internacional des Ponts et Charpentes, de la cual se publicaron varios boletines, como el nº 12 dedicado a las «Conclusiones del 4º congreso de la asociación internacional de puentes y estructuras», celebrado en Cambridge y Londres en 1953, que aparece publicado en el número 51 de la revista. Este tipo de artículos se publicaron en la revista Informes durante más de veinte años, alternándose en un mismo número, con artículos originales de técnicos y profesionales de todo el mundo, que eran publicados en español, pero adjuntando resúmenes en otros tres idiomas; inglés, francés y alemán, por la demanda derivada del prestigio internacional del Instituto, llegando a alcanzar una tirada de 5.000 ejemplares. Por otra parte, la revista contó con la colaboración directa de algunos de los más relevantes representantes de los diversos campos de la investigación, la técnica, la construcción y la industria de la Ingeniería civil y la Arquitectura. Entre los más asiduos colaboradores extranjeros se encuentran; el arquitecto americano Richard Neutra, el ingeniero italiano Pier Luigi Nervi, el arquitecto español Félix Candela exiliado en México, el ingeniero suizo Heinz Hossdorf y el famoso estudio americano conocido como SOM. Todos ellos mantuvieron un estrecho y especial contacto con el Instituto y su revista Informes de la Construcción, en la que escribieron periódicamente artículos de muy diferente índole, difundiendo, no solo su obra, sino también sus teorías, preocupaciones y pensamientos.

Richard Neutra (1892–1970) ha sido el máximo colaborador extranjero que la revista Informes de la Construcción ha tenido a lo largo de su historia. Este insigne arquitecto norteamericano de origen austriaco, colaboró con la revista durante once años (1956–1967), escribiendo artículos o facilitando datos sobre su trabajo para que fueran publicados en Informes de la Construcción. Neutra estudió arquitectura en Viena, fue alumno de Adolf Loos, trabajó con Erich Mendelsohn, y posteriormente con Frank Lloyd Wright en Taliesin. Como relevante representante de la Arquitectura Moderna, no solo a través de su obra, sino de sus escritos en defensa de una Nueva Arquitectura, Richard J. Neutra fue, sin duda, un importante referente en la revista Informes de la Construcción. En el año 1968, el Departamento de Publicaciones del Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento ietcc, publicó un libro escrito por Fernando Cassinello, en el cual se recogen, no solo una gran parte de los más de treinta artículos escritos por Richard Neutra, y Fernando Cassinello, en base a la documentación recibida directamente de este, sino también otros escritos inéditos que le fueron legados por Richard Neutra y Dione, su esposa y colaboradora.

Pier Luigi Nervi (1891–1979) colaboró con el Instituto dirigido por Eduardo Torroja, y con su revista Informes, que fue utilizada como medio para difundir gran parte de sus obras e innovaciones técnicas. Nervi, al igual que Neutra, fue además un asiduo conferenciante de los cursos, seminarios y jornadas que organizaba el Instituto, siendo elegido por Eduardo

Torroja como conferenciante para la sesión académica conmemorativa del 25 aniversario —bodas de plata— de la fundación del Instituto ietcc, celebrada en su sede de Madrid en 1959 (Nervi 1959). En aquellos momentos, el Instituto dirigido por Eduardo Torroja, lideraba en gran mediada, a nivel internacional, el vertiginoso desarrollo que estaba sufriendo el hormigón armado y pretensado, material con el que se construyó gran parte de la más innovadora obra de la Arquitectura e Ingeniería de la Modernidad (figura 4). Pero la colaboración de Nervi con Torroja, su Instituto y publicaciones, no estuvo basada únicamente en la coincidencia del interés por la construcción con este material, sino también por el propio desarrollo de la investigación técnico-científica que hacía posible alcanzar la innovación y el progreso. Nervi, al igual que Torroja, no se limitó a proyectar y construir relevantes obras, sino que desarrollo también sus propias investigaciones en diferentes centros especializados, como el ISMES (Istituto Sperimentale Modellie e Structure) o el de Scienza delle Construzioni del Politécnico de Milán. La investigación le llevo a aportar un nuevo material, el «ferrocemento», diferentes patentes de piezas prefabricadas, y técnicas de racionalización de la construcción.

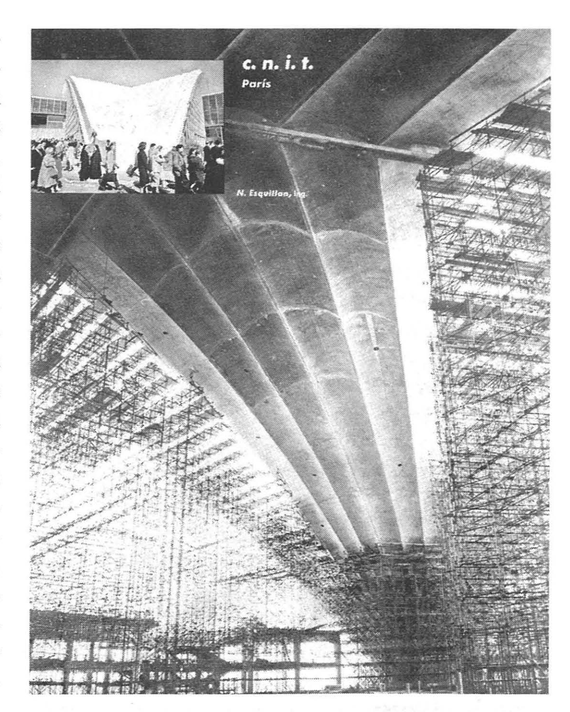


Figura 4
CNIT. Paris. Informes de la Construcción nº 111

Félix Candela (1910–1997), arquitecto español exiliado en México, fue también uno de los principales colaboradores, que desde el extranjero, mantuvo una estrecha relación con el Instituto y sus publicaciones, así como una inagotable amistad con Eduardo Torroja y algunos de los arquitectos e ingenieros del Instituto. Félix Candela es reconocido internacionalmente como uno de los más relevantes y prolíferos proyectistas y constructores de las láminas de hormigón que hoy forman parte del Patrimonio de la Arquitectura Moderna. Su desmedido interés por la revolución que el hormigón armado estaba generando en el contexto internacional, le llevo a fundar su propia empresa en México —«Cubiertas Ala»—, con el fin de poder construir con libertad. Proyectó y construyó más de 400 estructuras laminares (1950–1969). Informes de la Construcción fue también una de las vías para la difusión de su obra.

Heinz Hossdorf (1925–2006) es otra de las más destacadas figuras de la ingeniería, que colaboró con la revista Informes de la Construcción y con el Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento. La genialidad de este ingeniero suizo fue descubierta por Eduardo Torroja a través de una publicación en la que el joven Hossdorf —recién incorporado al mundo de la construcción— explicaba su propuesta para pretensar un puente de piedra natural. Atraído al Instituto, por el interés mostrado por Eduardo Torroja en su propuesta, se convirtió en otro de los más relevantes personajes, cuyo trabajo —obras e investigaciones— forman parte del legado de la revista Informes de la Construcción. El propio Eduardo Torroja escribió para Informes de la Construcción un artículo sobre esta idea de Hossdorf. Sin duda Hossodrf puede ser considerado como el quinto, y último eslabón de esa cadena tejida entre la Arquitectura y la Ingeniería de la Modernidad, forjada fundamentalmente por Maillart, Freyssinet, Nervi y Torroja. Su personalidad individualista y su inquietud por investigar «a su manera», le llevo a fundar su propio laboratorio de ensayos en Basilea. Proyectó y construyó nuevos tipos de estructuras laminares, no solo en hormigón armado y pretensado sino también en madera y materiales plásticos. El pretensado le debe, entre otras múltiples innovaciones, la técnica del

«postesado aéreo».Centrado en gran medida en el análisis estructural sobre modelos físicos, diseñó una metodología propia de ensayos, que alcanzo reconocimiento internacional. Fue el primero en aprovechar la aparición del ordenador para su control, y en 1970 creó el llamado «análisis híbrido». Las innovaciones realizadas por Hossdorf sobre los ensayos sobre modelos físicos, fueron publicados a través de dos artículos que escribió para la revista Informes, y en un libro publicado por el Instituto Eduardo Torroja, titulado »Modelos reducidos. Método de cálculo», que es la traducción del libro original escrito en alemán por Hossdorf bajo el título de «Modellstatik».

Louis Skidmore (1897–1962), Nathaniel Owings (1903–1984) y John Merrill (1896– 1975), uno de los más prestigiosos estudios de arquitectura norteamericano, constituido en Chicago en el año 1936, y más conocido por SOM, fue otro de los más relevantes y asiduos colaboradores de la revista. El contacto con SOM se estableció en 1957, a través de los técnicos del Instituto Técnico de la Construcción, que formaron parte de la Comisión Nacional de Productividad Industrial, nombrada por el Ministerio, con el que colaboró el itcc. El equipo de esta Comisión estaba formado por: Eugenio Aguinaga, Salustiano Albiñana, Ignacio Briones, Cayetano Cabañes, Fernando Cassinello, Vicente Figuerola, Juan María Martínez Barberito, Julio P. Frade y Carlos de Miguel. Los SOM, que representan en gran medida la evolución del Movimiento Moderno americano, construyeron un gran número de emblemáticos y pioneros rascacielos de vidrio, como la «Casa Lever» (1952), el John Hancock Center (1970), Sears Toser (1974), así como innumerables edificios de muy diferentes tipos y usos. Actualmente su oficina sigue en funcionamiento, y acaparando premios de Arquitectura, existiendo también una Fundación involucrada en la formación de nuevos profesionales. La estrecha relación existente con la revista «Informes», se produjo por el contacto establecido, fundamentalmente por Fernando Cassinello con Skidmore, Owings y Merrill en 1957, a través de la «Comisión de Productividad Industrial». Esta Comisión tenía como objetivo analizar el mercado de la construcción de las más pioneras arquitecturas, por ello, entró en contacto, no solo con industrias innovadoras, sino con gran número de los más prestigiosos arquitectos e ingenieros, que en aquellos momentos estaban construyendo en Norte América, como: Frank Lloyd Wright, Mies Van Der Rohe (figura 5), Richard Neutra, Pereira y Luckman, SOM, Webb y Knapp, Shaw, Metz, Dlio, Satterle, Smith, Goorman, Goleman, Rolfe, José Luis Sert, etc.

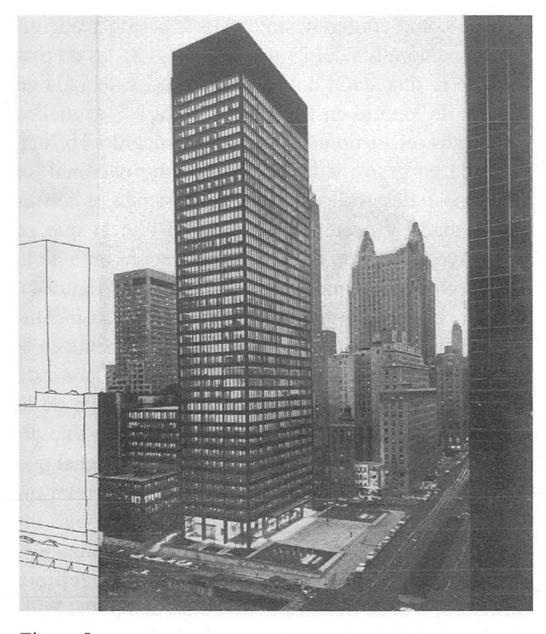


Figura 5
Edificio Seagram en New York. Mies van Der Rohe. Revista nº 121

La revista Informes de la Construcción contó también con otros muchos colaboradores extranjeros, entre ellos estuvieron algunos de los más destacados maestros de la Arquitectura y la Ingeniería, que hoy forman parte de la Historia de la Modernidad, como; Frank Lloyd Wright, Le Corbusier, Gropius, Morandi, Mies Van Der Rohe, Breuer, Aalto, Costa, Niemeyer, Yamasaki, Tsuboi, Zerhfus, Tange, Vagneti, Parme, Prouve, Haas, Salvadori, Steiman, y un largísimo etc. El hecho de tan reputada colaboración, fue puesto de manifiesto por la propia revista, que lo anunció en uno de los comunicados publicados por su décimo cumpleaños (Cassinello 2008). Pero es importante recordar, que esta colaboración estaba propiciada por Eduardo Torroja, y las actividades de su «Escuela», cuyo corazón residía en el «Instituto». La atracción de estos personajes, a participar en las actividades de debate e intercambio de conocimien-

tos en el propio «Instituto», creo un importante y cordial ambiente de relación y trabajo internacional con todas las grandes figuras de la Arquitectura y la Ingeniería. Entre los innumerables colaboradores españoles de esta época, destacan de forma especial; Luis Moya Blanco, Francisco Javier Sainz de Oiza, Rafael de La Hoz, Antonio Lamela, Miguel Fisac, y fundamentalmente el ingeniero, historiador, humanista, y autor de innovadores puentes, Carlos Fernández Casado (1905–1988) cuya prolífera colaboración con la revista Informes de la Construcción, al igual que en el caso de Richard Neutra, desemboco en la posterior publicación de dos libros conteniendo la recopilación de sus artículos: «La Historia del Puente en España» y «Acueductos Romanos en España». Pero sin duda el máximo colaborador de la revista Informes de la Construcción fue su creador, Eduardo Torroja (1899–1961), que desde el nacimiento de la revista en 1948 hasta su muerte en 1961 estuvo directamente implicado, no solo publicando sus trabajos, investigaciones y pensamientos, sino dirigiendo su internacional destino. Tras la muerte de Eduardo Torroja, en su número 137(enero 1962), la revista Informes de la Construcción, publicó un monográfico sobre su obra, recogiendo: *Estructuras Laminares*; Hipódromo de la Zarzuela, Frontón Recoletos, Mercado de Algeciras, Iglesia de Pont de Suert, Sancti Spirit, Capilla en Xerrallo, Iglesia en Grao de Gandía, Cuba hiperbólica de Fedala, Presa de Caselles. Estructuras Metálicas; Hangar de Cuatro Vientos, Hangares, Torrejón-Barajas, Puente de Tordera, Puente de la Muga.

Acueductos y Viaductos: Acueducto de Tempul, Acueducto de Alloz, Viaducto de Quince Ojos, Viaducto del Aire, El gran arco del viaducto Francisco Martín Gil, Puente del Pedrido, tramo central, Puentes en Marruecos: Dar Drius, Mases, Sebou, Aoudouz.

En el año 1953, con motivo del traslado del Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento a su nueva sede en Costillares, la revista Informes de la Construcción publicó un total de siete artículos, bajo el título común «el Instituto es así», dedicados a *explicar* diferentes aspectos de su proyecto y construcción. Una vez más la Escuela de Eduardo Torroja difunde sus enseñanzas, esta vez demostrando también como es posible prefabricar con escasos medios.

Con el fin de proporcionar a sus lectores el conocimiento de lo que el mercado de la construcción ofrecía en cada momento, además de las ya citadas «Fichas coleccionables» por colores, de empresas y materiales, la revista incluyó, durante muchos años, anuncios comerciales de utilidad para proyectistas y constructores del mundo de la Arquitectura y la Ingeniería. Estos anuncios ayudaban a la revista ha divulgar información sobre; empresas constructoras, laboratorios de control, materiales, patentes diversas, servicios de cálculo, instalaciones, andamiajes, maquinaria, acabados, etc.... A través de los anuncios, los lectores estaban informados del estado real del mercado de la construcción en cada momento. Pero además, los anuncios aportaban otro tipo de información, que venía a reforzar la idea que subyacía en el conjunto de las palabras e imágenes impresas en la revista. Se trataba de informar sobre *quienes*, *como* y *con que*, se estaban construyendo las más *innovadoras obras de Arquitectura e Ingeniería*. Por ello, los anuncios se intercalaban «intencionadamente», inmediatamente antes o después de una determinada obra en la cual se hubiera empleado el material, técnica o patente anunciada. Sin duda, era otra «efectiva» manera de potenciar uno de los objetivos con los que Eduardo Torroja creó la revista Informes; promover la innovación, además de difundirla.

El equipo de redacción de la revista diseñaba dos tipos de anuncios diferentes para cada empresa. Unos, basados en la composición gráfica de imágenes diferentes, relacionadas con la actividad de la empresa o producto, que eran dibujados generalmente, Bernard Petit. Y otros, basados en la composición gráfica de fotografías de las obras más innovadoras que dicha empresa hubiera construido o intervenido de alguna manera utilizando el producto, proceso, o patente que se pretendía anunciar. Los anuncios evolucionaban siguiendo el compás que marcaba la evolución en el tiempo de cada producto o empresa. Un ejemplo de este tipo de anuncios unidos a obras innovadoras es el de la famosa patente «BARREDO» (1952) de anclaje de pretensado, conocida como la patente española, en la cual intervino Eduardo Torroja como asesor, y posteriormente como asiduo usuario de dicha patente. Entre las obras que acompañaban el anuncio y que habían sido construidas utilizando esta patente, apareciero el Depósito de Fedala proyectado por Torroja (figura 6).

Se trataba sencillamente de que los anuncios ayudaran, no solo a difundir la innovación, sino también

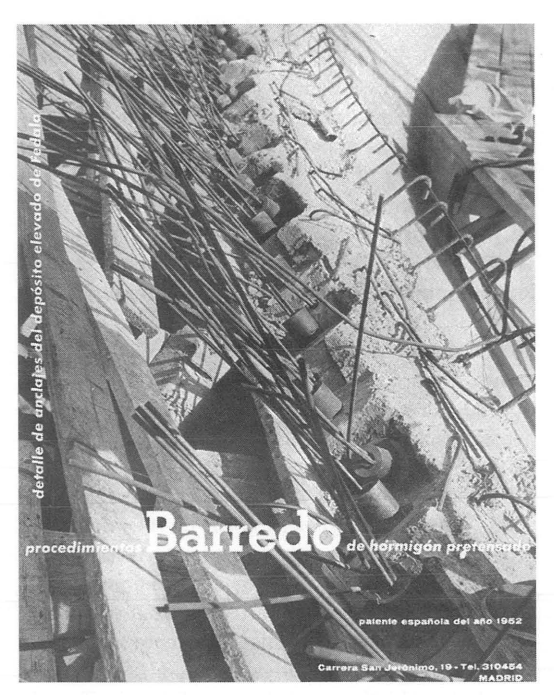


Figura 6
Depósito de Fedala. Eduardo Torroja. Revista nº 137

a potenciarla, mostrando el camino a seguir de forma clara, práctica, y específica, a través de ejemplos de obras construidas de reconocido prestigio.

A partir del conjunto de artículos, fichas y anuncios que la revista publicó durante los años 50 y 60, se pueden conocer las patentes, materiales y sistemas constructivos empleados en gran parte de las más relevantes y representativas obras. Pero además, con independencia del interés específico que este hecho conlleva, sin duda lo más relevante, es que el conjunto de estas historias particulares, nos permite reconstruir la propia Historia de la Construcción Civil y Arquitectónica de la Modernidad, que a través de esta revista se relata bajo las pautas de la Escuela de Eduardo Torroja, poniendo de manifiesto su *razón de ser*.

Lista de referencias

Cassinello, Pepa. 2000. «Razón científica de la modernidad española en la década de los 50. *Actas del Congreso Internacional: Los años 50: La Arquitectura Española y su compromiso con la Historia.* (21–38). Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Navarra. T6 Ediciones.

Cassinello, Pepa. 2002. Capítulo: «La revista Informes de la Construcción crisol científico de Arquitectura 1.948–1960». En Jorda, Carmen (ed.). *La vigencia de un legado. Eduardo Torroja*, 271–301. Valencia: Escuela Técnica Superior de Arquitectura Valencia. U.P.V Vicerrectorado de Cultura.

Cassinello, Pepa. 2008. «El espíritu impreso de una idea / the spirit of an idea in print». En *Libro catálogo de la exposición conmemorativa de los 60 años de la revista Informes de la Construcción.* Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas y Asociación de Miembros del Instituto Eduardo Torroja.

Nervi, Pier Luigi. 1959. *Sesión Académica conmemorativa del 25 aniversario de la fundación del i.t.c.c. (bodas de plata 1934–1959).* Madrid: Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento.

Torroja, Eduardo. 1961. Carta escrita por Eduardo Torroja antes de su muerte, encontrada en su mesa del Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento. Encabezamiento de la carta: «*A los que colaborasteis conmigo*».

Sistemas constructivos en la industria azucarera granadina (ss. XIX-XX)

Agustín Castillo Martínez

La industria azucarera granadina llevó la iniciativa en el principal proceso de generación de tejido industrial que se produjo en la provincia de Granada entre los años 1882 y 1929. En numerosas ocasiones, las sociedades que implantaron factorías de procesamiento de azúcar de remolacha o de caña procedían de Francia o Alemania, bien en su diseño industrial, bien en el origen de sus técnicos consultores. El impacto económico y social de estas actividades fue notable en la Vega de Granada y en el área de Motril.

El objetivo del presente trabajo es la documentación y difusión de los sistemas constructivos empleados en las edificaciones de la industria azucarera granadina, incluyéndose entre ellas la construcción de las cimentaciones superficiales, los muros de carga, las estructuras en celosía de madera y metálicas, las cubiertas, diversas tipologías de estructura metálica en fundición y acero laminado, y diversos detalles constructivos característicos de este tipo de actividad industrial. Merecen especial atención las soluciones singulares que aparecen, con carácter local, en algunas de estas edificaciones.

Se hará referencia igualmente a diversa bibliografía técnica en un intento de ilustrar las diversas tipologías utilizadas, tal y como fueron expresadas gráficamente por los ingenieros y arquitectos de la época en sus manuales y atlas. Se hará especial hincapié en la influencia que los técnicos españoles pudieron tener en las edificaciones ejecutadas para albergar diseños industriales que, usualmente, eran proyectados por técnicos centroeuropeos.

De esta forma, se pretende aunar el estudio técnico de soluciones poco estudiadas por su singularidad, con un estudio histórico del Patrimonio Arqueológico Industrial de la ciudad de Granada y la costa tropical, donde estos edificios fueron más significativos, tanto por su impacto económico y técnico como social.

Es particularmente reseñable el estudio y las conclusiones que pueden obtenerse de la expresión gráfica del proyecto de estructuras metálicas, tal y como era concebido a finales del siglo XIX y principios del XX. Hay que tener en cuenta que el concepto de estructura metálica era muy reciente en la época, no estando desarrollados los métodos de soldadura actuales. La mayor parte de los técnicos consideraba esta nueva disciplina como parte del área de las estructuras de madera.

Así, el uso del roblonado y atornillado estaba muy extendido en la técnica de las Estructuras Metálicas, que aún tenía una increíble dependencia de los primeros estudios de una Resistencia de Materiales que en escasas ocasiones era considerada como una disciplina independiente. Esta particularidad podrá también observarse de la forma en que los técnicos y profesores de la época editaban y ordenaban sus valiosos manuales y atlas gráficos (Émy 1841; Vierendeel 1902; Marvá 1916).

Como casos de estudio más significativos, se citarán las Azucareras de San Isidro (1901) y del Ingenio de San Juan (1882), en Granada, y la Azucarera de Nuestra Señora del Pilar, en Motril (1883). Otras

azucareras de interés que fueron objeto de investigación son las de La Purísima Concepción, también conocida como «Azucarera del Genil», que se encuentra emplazada junto al llamado Puente de los Vados, y que estuvo operativa desde 1905 hasta 1946; y la Azucarera del Señor de la Salud, situada en Santa Fe, y que realizó trabajos entre los años de 1890 y 1911. El más antiguo vestigio de la industria del azúcar en la provincia de Granada lo encontramos en Salobreña, donde en 1861 comenzó a funcionar la Azucarera de Nuestra Señora del Rosario.

Azucarera de San Isidro (1901)

Introducción histórica

La Azucarera de San Isidro estuvo en funcionamiento entre los años de 1901 y 1983. Está emplazada en el actual barrio de La Bobadilla de Granada, y llegó a tener una capacidad máxima de procesamiento de 1.000 toneladas al día, conservándose a día de hoy íntegramente los edificios, y encontrándose el entorno pendiente de una inminente reordenación urbanística por parte del Ayuntamiento de Granada.

La azucarera tenía acceso ferroviario, encontrándose aún en su patio restos de la infraestructura que sirvió para la descarga de las materias primas y la carga del azúcar producido, así como de los subproductos de la fabricación. Cabe destacar que junto a estas instalaciones se encontraba en funcionamiento una báscula de considerables dimensiones, que terminó sus días en la Estación de Gor (línea F.C. Granada-Murcia).

Esta infraestructura ferroviaria incluía sistemas de cambio de sentido en corto espacio, resueltas mediante placas giratorias.

La fábrica llegó a albergar casi 600 trabajadores, repartidos en tres turnos de trabajo continuado, lo que generó el desarrollo de una pequeña aldea de servicios alrededor del recinto. Ésta acabó teniendo parada de tranvía y, posteriormente, de autobús, al encontrarse situado en la antigua Carretera de Málaga.

Descripción técnica

La estructura en planta presenta una distribución en anchura de cuatro vanos de longitudes variables, siendo estas, de Oeste a Este, de 4,00 m, 4,10 m, 4,20 m y 4,80 m, medidas entre centros de pilares. La distancia longitudinal, en dirección Norte-Sur, entre los pilares es constante e igual a 5 m.

La distribución del edificio en altura presenta tres plantas más planta baja, donde se ubicaban las turbinas de la fábrica. Por encima de la planta de turbinas se ubicaba la planta de maquinaria malaxadora, íntimamente relacionada por medios mecánicos con la planta de turbinas. La maquinaria se encontraba conectada a través de diversos huecos aún visibles en el forjado del primer piso. La segunda planta era el almacén de azúcar, y la tercera, de reducidas dimensiones en planta, estaba dedicada a albergar los depósitos de agua.

Desde el punto de vista estructural, se advierte de forma inmediata que las dimensiones en planta de la fábrica original, puesta en marcha en 1901, eran muy inferiores a las existentes actualmente, habiéndose producido a lo largo del siglo XX diversas ampliaciones, que pueden notarse por los distintos tipos estructurales utilizados a la hora de resolver las ampliaciones, encaminadas al aumento en la producción de la fábrica.

Así, los pilares huecos originales son cilíndricos y de fundición, reforzados con capiteles y basas para el correcto reposo de las vigas; los pilares de las ampliaciones, por el contrario, son de perfiles de acero laminado en forma de «U» empresillados para garantizar la integridad estructural y servir de refuerzo. Éstos últimos se roblonaron completamente, como puede verse en las figuras 1 y 2. También puede observarse, en el primer caso, los capiteles de fundición que soportan vigas laminadas de doble T de ala estrecha, capiteles que poseen clara influencia estética de la arquitectura clásica.

Los pilares y capiteles de fundición llevan la marca «José Pastor Moltó, Calle San Isidro esquina a Nueva de la Virgen y Callejón de la Acequia Gorda». El radio de los pilares en su punto más estrecho es de 13,2 cm, siendo su circunferencia de 83 cm.

Los muros de carga son de 70 y 80 cm de espesor respectivamente, estando reforzados por contrafuertes de 50 cm de espesor.

En la Planta de Turbinas, las alturas se distribuyen como sigue: como cimentación, grandes bloques de forma cúbica de 60 cm de lado; altura del pilar de fundición, igual a 3,80 m, incluyendo los 40 cm del capitel; 30 cm de altura de las jácenas apoyadas so-

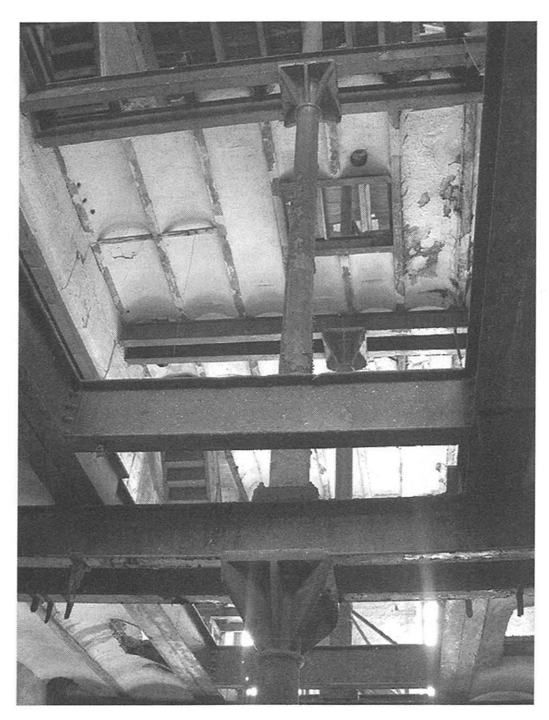


Figura 1
Pilares de fundición en la Fábrica de San Isidro

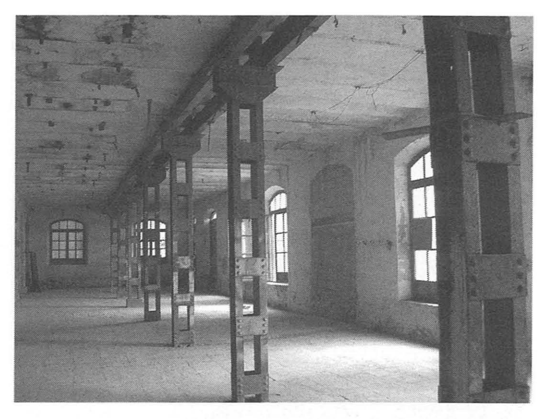


Figura 2
Pilares de perfiles de acero laminado en forma de «U» empresillados en la Fábrica de San Isidro

bre los pilares; y, por último, 20 cm de los forjados, cuya tipología era conocida como «de bovedillas de revoltón» o «bovedilla curva». Este tipo de forjado era ejecutado por medio de rasillas unidas con cemento, y extendiendo sobre ellas la capa de compresión de hormigón. Esta capa no incluía armadura alguna, por lo que se ejecutaba con gran espesor.

Las citadas jácenas tienen 30 cm de altura y 15 cm de medida de anchura de ala.

Las cerchas que sostienen la cubierta son dobles, de 5 cm de ancho y 5 mm de espesor, y se encuentran separadas 4,30 m en dirección longitudinal.

El primer detalle que conviene destacar de la estructura metálica es la prolongación de los pilares entre planta y planta. La forma en que la columna se prolonga a través de las jácenas y forjados es extremadamente particular, y puede apreciarse en la figura 3.

En la figura 4 podemos apreciar una de estas prolongaciones, con la particularidad de que se produce una variación en la tipología del pilar entre planta y planta. Puede apreciarse que la columna de fundición de la primera planta pasa a ser de láminas de acero empresilladas y roblonadas en la segunda, posiblemente, por tratarse ésta última de parte de una ampliación del forjado entre la segunda y la tercera alturas, y de datación bastante posterior.

Al examinar otros documentos, como los planos originales de la Azucarera del Ingenio de San Juan, pertenecientes a la biblioteca personal del profesor D. Miguel Giménez Yanguas, vemos que esta tipología de columnas de fundición con capitel apareció

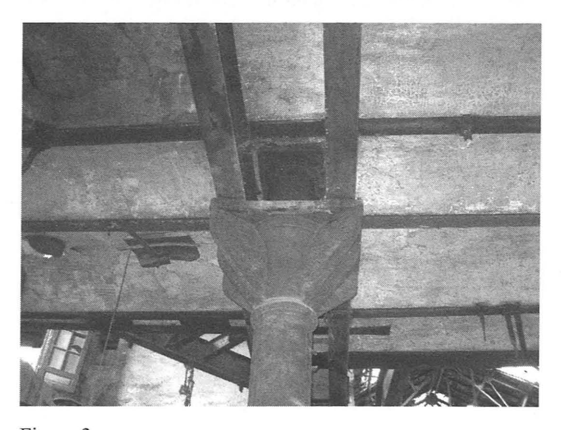


Figura 3
Detalle de prolongación de pilar

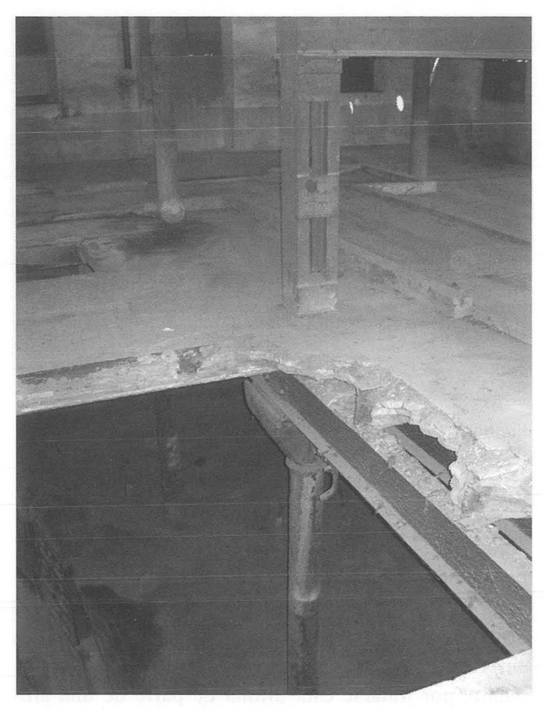


Figura 4
Prolongación de pilar con variación en la tipología

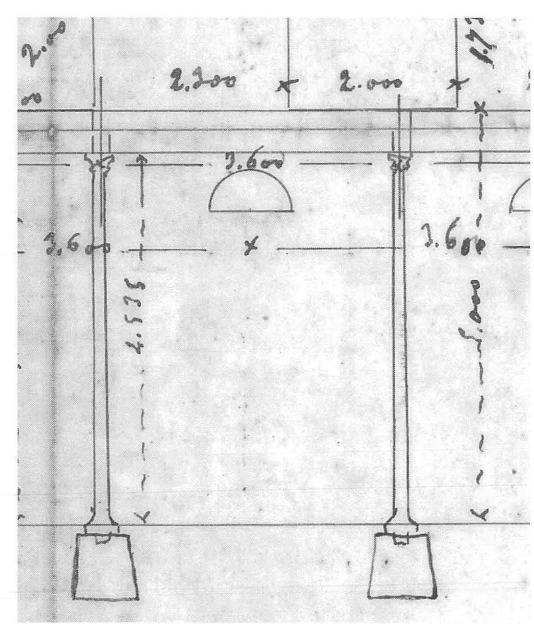


Figura 5
Planos de alzado de la Azucarera del Ingenio de San Juan: detalle

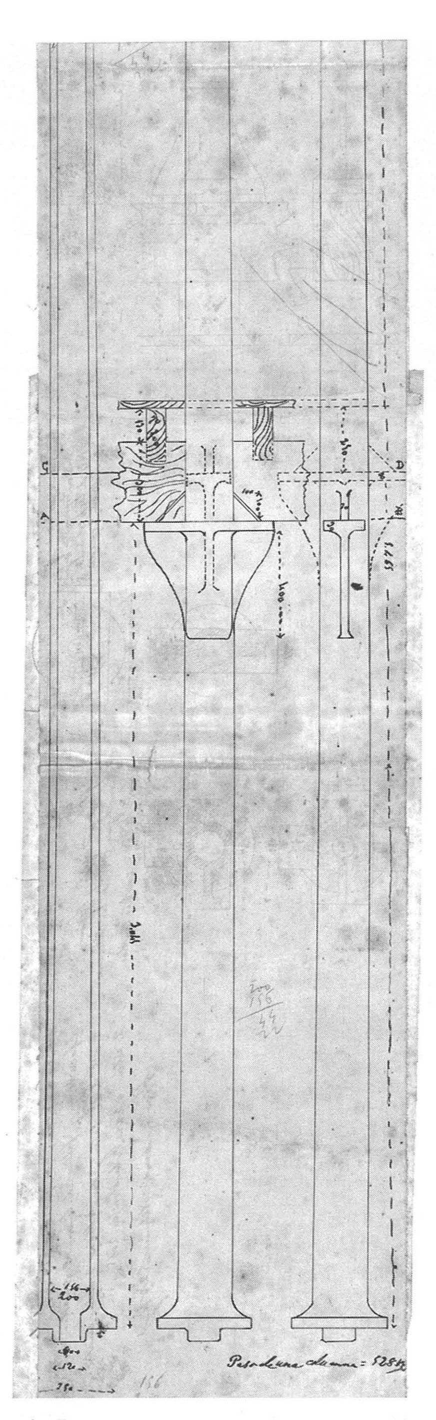
con anterioridad, y en términos muy similares a los de la Fábrica de San Isidro. Este hecho puede comprobarse con facilidad en la figura 5, tomada de un plano de alzado, y en que son igualmente de destacar los detalles de la cimentación de forma cúbica, exactamente igual a la que sería usada posteriormente en San Isidro para este tipo de columnas de fundición.

Más adelante, y al referirnos a la Azucarera de Nuestra Señora del Pilar en Motril, advertiremos que esta tipología vuelve a aparecer en un pequeño almacén de la planta baja, lo que hace pensar en una solución técnica que se convirtió en frecuente a la hora de plantear proyectos estructurales en edificaciones de tipo industrial.

Consultados los planos de la Azucarera del Ingenio de San Juan, se advierte también que el proyectista incluyó detalles constructivos en lo que a la prolongación de los pilares entre plantas se refiere. Se advierte, pues, que el singular detalle constructivo que aparece en la figura 3 en la Fábrica de San Isidro se proyectó anteriormente (1882) de igual forma para la Azucarera del Ingenio de San Juan. Dada la escasez de detalles constructivos en el conjunto de planos rescatado, se advierte igualmente el particular énfasis del proyectista en un detalle que, a la par de importante, era inusual en la ejecución. Se pueden apreciar los citados detalles en las figuras 6 y 7.

En la vista en planta del detalle, que puede observarse en la figura 8, anota el proyectista el siguiente texto: «Plano por arriba y sección transversal según AB de las 4 columnas que llevan 2 consolas»; y «Plano por arriba y sección transversal según BC de las columnas con tres consolas». Además de reflejar otras medidas longitudinales, y en qué caso debe usarse cada uno de estos tipos de columna, acaba el proyectista anotando el peso estimado para cada columna: 528 Kg.

Otro detalle que podemos ver en la figura 9 es el de los anclajes de los soportes del eje de transmisión horizontal de la fuerza motriz generada por la máquina de vapor, conectada a su vez a las turbinas para procesamiento del azúcar. Los anclajes dobles traba-



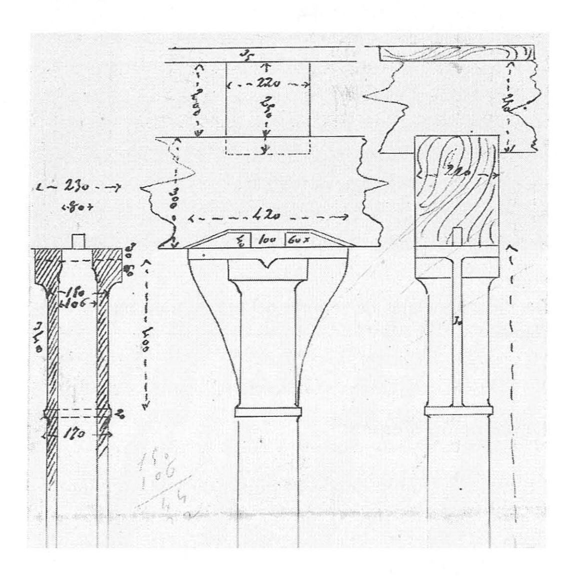
jaban a tracción, mientras que los simples lo hacían a compresión.

Por último, destacar la tipología de las columnas construidas mediantes perfiles laminados de acero en forma de «U» empresillados y terminados por medio de roblones. Esta tipología, claramente posterior, se usó en la Fábrica de San Isidro durante las ulteriores ampliaciones del proyecto original. Detalles de este tipo de pilares pueden verse en la figura 10, y posteriormente veremos que fueron utilizados también en el edificio adjunto de la Alcoholera.

Fábrica alcoholera de San Isidro (1908)

Introducción histórica

La citada alcoholera se encuentra hoy día englobada en las instalaciones de la Fábrica de San Isidro. Aunque el edificio permanece bien conservado, no se puede apreciar la maquinaria utilizada en la fábrica. Ésta pasó a formar parte del proceso productivo del azúcar, dedicándose al procesamiento de los subproductos como la melaza para la obtención de alcohol etílico.



Figuras 6 y 7
Detalles en alzado de prolongación de columna

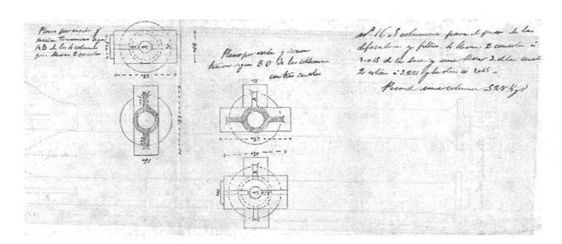


Figura 8
Detalle en planta de prolongación de columna



Figura 10
Pilares con perfiles empresillados de acero laminado en Fábrica de San Isidro



Figura 9
Detalle de anclajes de soporte del eje de transmisión horizontal

Descripción técnica

Lo más reseñable desde el punto de vista técnico es la aparición, de nuevo, de los pilares ejecutados mediante láminas de acero en forma de «U» empresilladas y roblonadas, tan utilizadas en las diversas ampliaciones de la fábrica de San Isidro.

En la figura 11 aparece esta tipología tal y como se encuentra hoy en día en la fábrica. Aunque el edificio se mantiene en buenas condiciones, se puede observar que parte de los forjados se dejaron huecos, al igual que en la Fábrica de San Isidro, para albergar la maquinaria, en este caso consistente en altas torres para la destilación fraccionada del alcohol.

También son de destacar los refuerzos de acero en los muros de carga que existen en esta fábrica, y que pueden observarse en la figura 12. Dada la esbeltez de la obra de fábrica de ladrillo, con huecos practicados, comenzaron a aparecer grietas en la fachada del edificio; este detalle se añadió con posterioridad, dada la grave acción sísmica que afecta a la zona.

Azucarera de Nuestra Señora del Pilar (1883)

Introducción histórica

Las fábricas de la costa granadina se dedicaban al procesamiento de la caña de azúcar, mientras que las de la Vega de Granada estaban preparadas para el procesamiento de la remolacha azucarera. La que nos ocupa, Nuestra Señora del Pilar (Motril), abrió sus puertas en la costa granadina en el año de 1883, siendo precedida de su homóloga situada en Salobreña: Nuestra Señora del Rosario (1861), así como de otras situadas en Motril, Almuñécar y en la propia Salobreña.



Figura 11
Pilares de láminas de acero en la Alcoholera de San Isidro

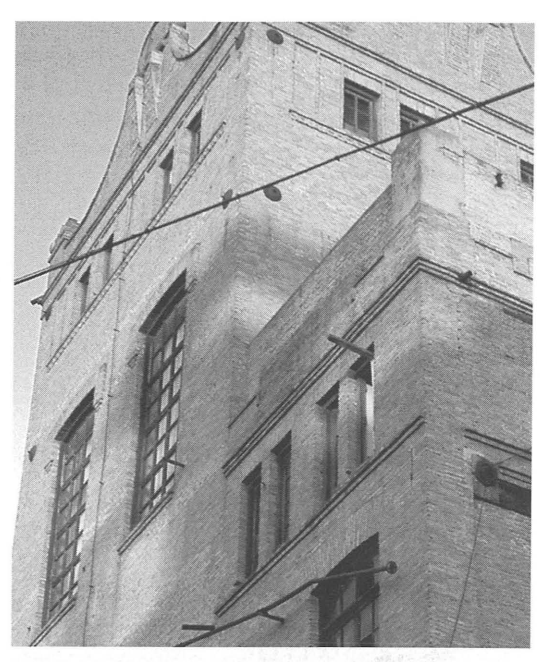


Figura 12
Refuerzos metálicos en la fachada de la Alcoholera de San Isidro

La primera sorpresa que recibe el visitante, unida a la satisfactoria rehabilitación de algunas instalaciones de las edificaciones (que se conservan intactas), es la contemplación del relativo buen estado de conservación de la mayor parte de la maquinaria industrial de la fábrica, construida casi en su totalidad entre los años de 1880 y 1929, y que supone un increíble conjunto muy valioso para el patrimonio tecnológico español. Incluye hasta nueve máquinas de vapor de distintas tecnologías y épocas tecnológicas, y un tren de molinos que se considera único en España por su tecnología e impresionante tamaño. El conjunto está considerado por la Asociación Española para el Patrimonio Industrial y la Obra Pública como el más significativo de toda Andalucía, y como uno de los cinco más importantes de España.

El propietario original, la mercantil «Burgos, Domínguez y García», vendió su participación a la Marquesa de Esquilache, que a su vez la vendió a la «Sociedad General Azucarera de España» en 1903, la cual realizó las dos únicas ampliaciones de la instalación tras la inauguración en 1883: la de 1929 y la de 1983. La factoría original fue diseñada por el insigne arquitecto D. Francisco Giménez Arévalo. El conjunto de producción estuvò en marcha hasta 1984, fecha de la ultima molienda registrada en la fábrica.

Descripción técnica

Al respecto de la labor comparativa efectuada en este apartado, lo más reseñable de esta fábrica es la aparición, de nuevo, y con gran similitud, de los pilares de fundición con capitel de la Fábrica de San Isidro, y que hemos visto descritos igualmente en los planos de la Fábrica de San Juan. Podemos apreciar esta variante de los pilares de fundición en la figura 13, en este caso, soportando jácenas de madera.

El detalle de prolongación hacia alturas superiores se realiza de un modo muy similar al visto en San Isidro, con la única particularidad de que en este caso

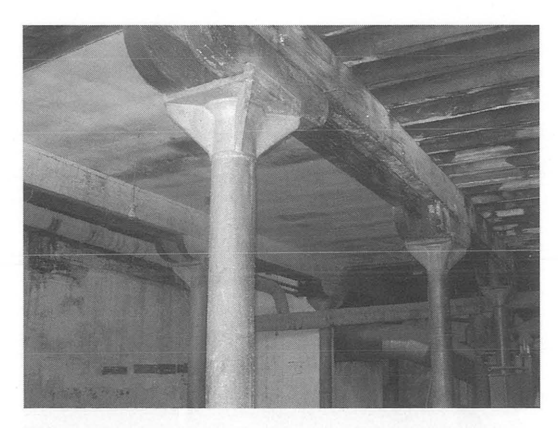


Figura 13
Pilares de fundición con capiteles en Nuestra Señora del Pilar (Motril)



Figura 14
Detalle de prolongación de pilar entre plantas en Nuestra Señora del Pilar (Motril)

se recubre el detalle de placas de madera a modo de embellecedor para dejar oculta la unión a los ojos del visitante (figura 14), resultando en una curiosa variación de vocación fundamentalmente estética.

Es también de reseñar que esta tipología es marginal en esta fábrica, y que sólo se utiliza en un almacén anexo a la planta principal. Sin embargo, dadas las evidentes similitudes encontradas, su caso es extremadamente interesante de cara al trabajo que nos ocupa.

Conclusiones

1. La tipología de columnas de fundición con capiteles se popularizó entre los técnicos dedicados a las estructuras metálicas para edificaciones de tipo industrial a finales del XIX en Granada. El vestigio más antiguo que hemos encontrado de este tipo de proyectos se encuentra en los planos de la Azucarera del Ingenio de San Juan (Granada, 1882). Es de destacar la notable influencia estética del clasicismo arquitectónico en el diseño técnico de los ingenieros del siglo XIX.

2. Se desarrollaron soluciones particulares para la prolongación de estas pesadas columnas a lo largo de varias alturas. El excesivo peso de las mismas (estimado en 583 kg por planta por el proyectista) aún siendo huecas, así como su excesivo coste en material de fundición, derivó en el abandono de esta tipología y su sustitución por columnas formadas por perfiles de acero laminados y roblonados.

3. El desconocimiento inicial de este tipo de pilares, así como la irregular calidad de los primeros aceros (usualmente, más agrios que los actuales), forzó la solución técnica consistente en realizar empresillados para el refuerzo de estos perfiles, que tendían a abrirse a causa de los momentos aplicados por las grandes cargas y los efectos de segundo orden que aparecían en las estructuras.

4. Estos primeros aceros, cuya capacidad elástica sorprendió a los técnicos de la época (Émy 1841; Marvá 1916), fueron utilizados también para realizar refuerzos mediante redondos en los muros de carga exteriores, evitando así el riesgo de apertura de los mismos por exceso de carga. Estos refuerzos dieron a la estructura mayor compacidad, disminuyendo los grados de libertad de la misma, pues eran usados como uniones redundantes similares a un atirantamiento elástico. Para recoger los esfuerzos del muro de carga se utilizaban placas, que transmitían las solicitaciones a la obra de fábrica, aumentando su resistencia estructural frente a las acciones sísmicas, muy elevadas en la provincia de Granada.

5. Aunque hay constancia de que los elementos de fundición eran suministrados por fábricas granadinas, como en el caso de las columnas de la Fábrica de San Isidro, no parece que la industria granadina pudiera hacer frente al cambio de tecnología que supusieron los perfiles de acero, teniendo que ser

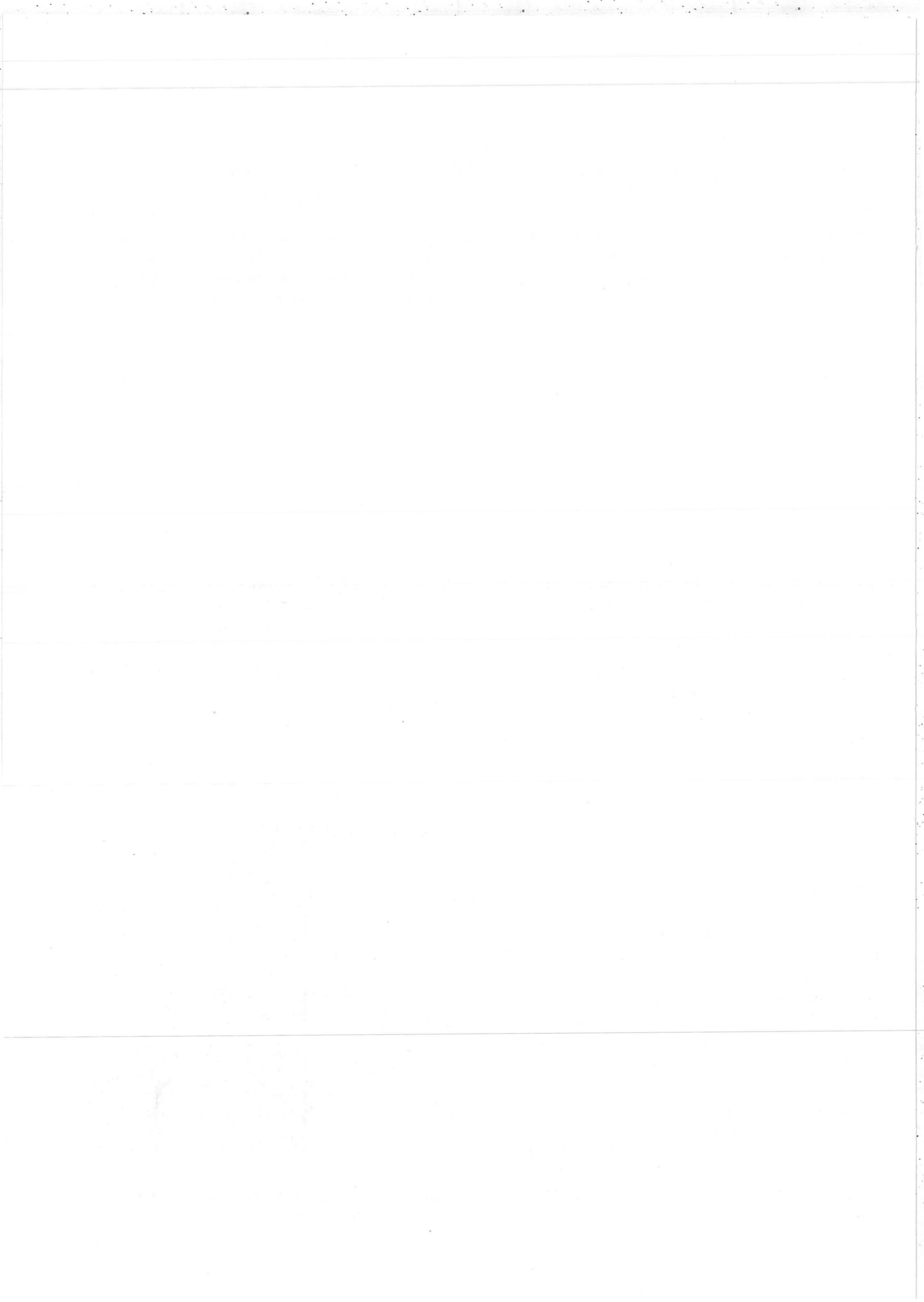
importados de otras regiones de España. Pese al gran despegue industrial granadino de la época, éste nunca llegó a ser suficiente para pensar en la creación de altos hornos o en otras actividades emprendedoras en la industria de la estructura metálica, que quedó pronto atrasada en el conjunto de la provincia.

Lista de referencias

Émy, A.R. 1841–2. Traité de l'Art de la Charpenterie. Bruselas: Meline, Caus et Compagnie.

Marvá Mayer, J. 1916. Mecánica Aplicada a las Construcciones. 5ª Edición Revisada. Madrid: Julián Palacios.

Vierendeel, A. 1902. La Construction Architecturale en Fonte, Fer et Acier. Lovaina: A. Uystpruyst.



Los campanarios góticos de las comarcas gerundenses: tipologías y sistemas constructivos

Miquel Àngel Chamorro Trenado

En este artículo analizaremos las tipologías y sistemas constructivos de algunos campanarios góticos de las comarcas gerundenses. Concretamente analizaremos de forma exhaustiva tres de estos campanarios: el de la iglesia de San Félix de la ciudad de Girona, el de San Isidoro de La Pera y el de San Esteban de Bordils. Todas estas torres se encuentran en pueblos próximos a la ciudad de Girona, el más lejano se encuentra a unos 15 km. Además de analizar de forma exhaustiva estos campanarios también citaremos otros campanarios —también de la zona— que siguen la misma tipología como los de Fornells de la Selva, Cassà de la Selva o Sant Marti Vell (figura 1).

Aunque hablemos de campanarios góticos, seria más correcto hablar de torres de tipología gótica ya que nos encontramos que la mayoría de los campanarios estudiados fueron construidos en épocas posteriores. El único campanario comenzado en el periodo conocido como gótico es el de la iglesia de San Félix de Girona que se empieza a construir en el año 1368 (maestro de obras Pere de Coma) pero no será acabado hasta después del año 1571 (Chamorro y Llorenç 1993). El resto de campanarios están construidos durante el siglo XVI —segunda mitad— y son acabados ya en el siglo XVII. Una mención especial merece el campanario de San Isidoro de La Pera que fue acabado en el año 1697 bajo la dirección del maestro de obras occitano, Joan Pages siguiendo el modelo del campanario construido en Sant Martí Vell (Grau y Puig 1989). A pesar del amplio margen cronológico en que fueron construidos estos campanarios —entre mediados del siglo XIV y finales del siglo XVII la gran mayoría— todos ellos adoptan una tipología similar y utilizan unos sistemas constructivos idénticos —utilizándose siempre los mismos materiales de construcción— con alguna variante que analizaremos en los próximos apartados de este articulo

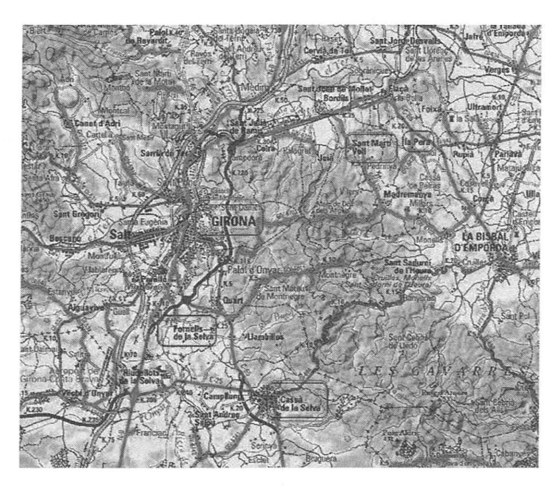


Figura 1
Mapa de la ubicación de los campanarios estudiados (Instituto cartográfico de Cataluña)

TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS

Dentro de las tipologías constructivas de los campanarios góticos gerundenses distinguiremos dos variantes: los acabados con terraza plana (figura 2) y los acabados con aguja (figura 3). Los acabados con terraza plana son los de San Esteban de Bordils y San Isidoro de La Pera y los acabados con aguja son los de San Félix de Girona, Sant Martí Vell, Fornells de la Selva y Cassà de la Selva.

En los acabados con terraza plana tenemos que en unos se utiliza una baranda de piedra calada (cresterías) y en otros se utiliza una baranda con balaustres. Al mismo tiempo podemos encontrarnos con que estas barandas estén coronadas con pináculos o simplemente se trate de barandas planas. Respecto a los campanarios con aguja todos ellos tienen barandas coronadas con pináculos decorados con gabletes que imitan —a menor escala— la coronación en aguja.

Excepto el campanario de la iglesia de San Félix de Girona que es de planta octogonal des de su inicio hasta su coronación, el resto de campanarios son de planta cuadrada y a partir de la altura de la nave central de la iglesia pasan a tener planta octogonal. El paso de una planta a otra se consigue mediante la realización de pechinas. En estos últimos campanarios la geometría es bastante exacta mientras que en el de la iglesia de San Félix —seguramente debido a un error inicial de replanteo que se va arrastrando a medida que se levanta la torre— el octógono es totalmente irregular. Pensamos que el hecho que este último sea de planta octogonal se debe a las dimensiones mucho mayores que la del resto de campanarios estudiados.

Actualmente podemos asegurar que todos los campanarios estudiados disponían de gárgolas para la evacuación del agua. Podemos realizar esta afirmación gracias a la reciente restauración efectuada en el campanario de la iglesia de San Félix de Girona que ha puesto de manifiesto la existencia de gárgolas en esta torre (figura 4). Estas gárgolas, aun no sabemos por que motivo, fueron «cortadas». Se observa un corte limpio de las gárgolas y restos de la ranura previa realizada para poder cortarlas. Estas gárgolas trabajaban en voladizo y estaban empotradas en el interior del contrafuerte cogiendo toda su anchura. En algunos campanarios, los más tardíos, estas gárgolas son ornamentales ya que no disponen de la canal para evacuar el agua.

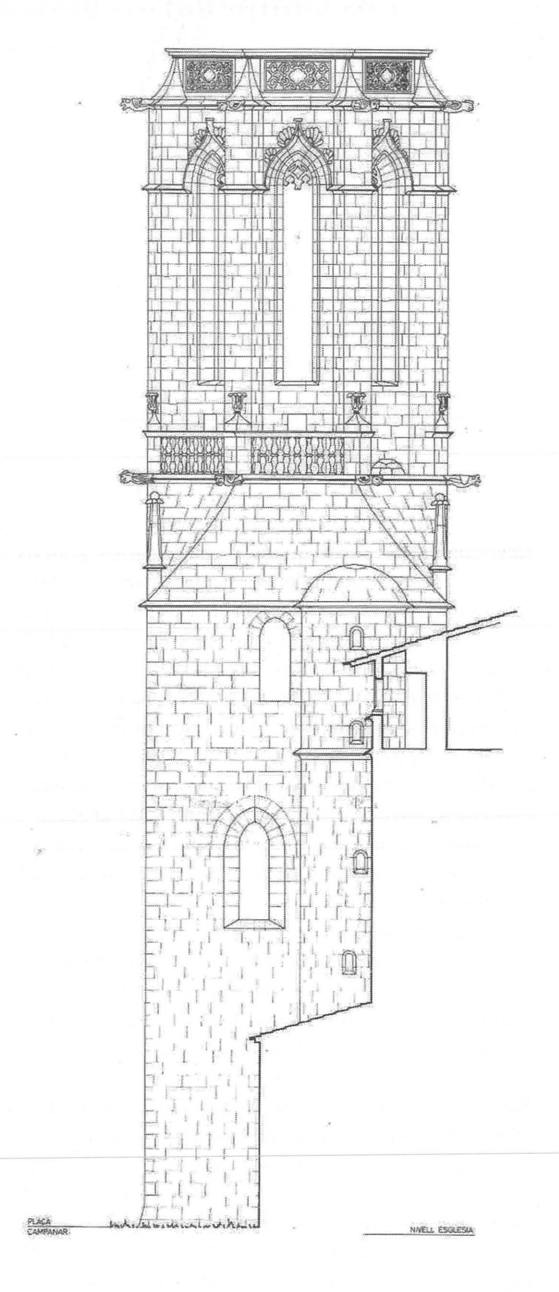


Figura 2
Campanario iglesia de San Esteban de Bordils. Alzado Oeste-Suroeste (F. Llorenç)

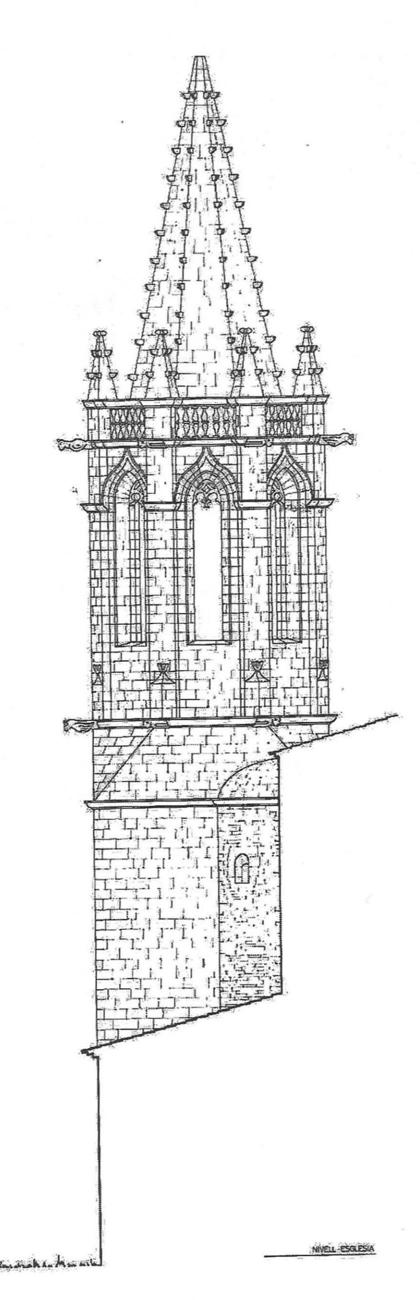


Figura 3
Campanario iglesia de Sant Martí Vell. Alzado Oeste-Noroeste (F. Llorenç)

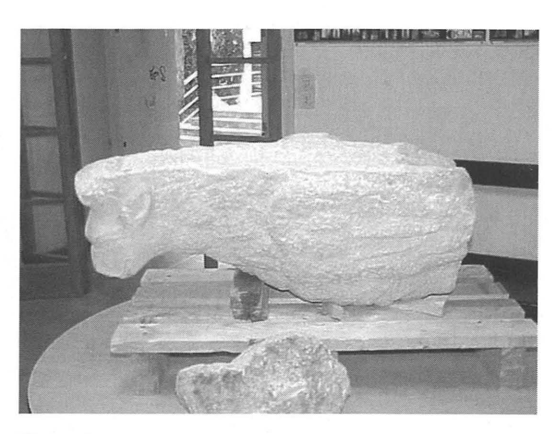


Figura 4
Gárgola del campanario de la iglesia de San Félix de Girona (M.À. Chamorro)



Figura 5
Campanario de la iglesia de San Cucufate de Fornells de la Selva (M.A. Chamorro)

Respecto a las barandas podemos afirmar que los campanarios más tardíos incorporan las balaustradas mientras que los otros utilizan barandas caladas (cresterías). La utilización de balaustradas es una clara influencia del renacimiento de aquí que los campanarios de Sant Martí Vell, La Pera, Fornells

de la Selva (figura 5) y Cassà de la Selva —los construidos a partir del siglo XVII— incorporen estos elementos en sus terrazas. En el único campanario donde no hemos encontrado ningún tipo de baranda es en el de la iglesia de San Félix de Girona. Las recientes obras de restauración tampoco nos han permitido encontrar restos de estas barandas. De todas formas nos podemos aventurar a afirmar que estas debían ser caladas ja que si se hubieran utilizado balaustradas aparecería en el pavimento de la terraza un orificio para poder encajar los balaustres.

Tabla 1
Propiedades físicas de la piedra de Girona (R.M. Esbert et al. 1989, 39)

Características	Piedra de Girona (datos)	Llegenda
CM	HUE7,5YRN6/gray	CM: color (Munsell) ρd: peso específico (kg/m³) n_0: porosidad abierta (%) Wa: absorción de agua en equilibrio (%) Wd: desorción de agua en equilibrio (%) C: coeficiente de absorción capilar (kg/m² . h^1/2) Kv: permeabilidad al vapor de agua (g/ m² . 24 h) Rc: resistencia a la compresión uniaxial (MPa) E: modulo de elasticidad tangente (MPa) UMM: umbral de microfisuración mecánica (% Rc) Vp: velocidad de las ondas longitudinales (m/s)
ρd	2.670	
N_0	0,5	
Wa	0,37 ± 0,04	
Wd	0,11 ± 0,02	
C	0,30 ± 0,03	
Kv	0,180	
Rc	165 ± 15	
E	$6{,}7 \times 10^4$	
UMM	85	
Vp	5.695 ± 100	

Sistemas constructivos

Como podremos observar en el próximo apartado, los sistemas constructivos serán muy similares en todos los campanarios estudiados. Esto se ve favorecido por la utilización de los mismos materiales de construcción en todas las torres estudiadas. Los materiales básicos para su construcción son la piedra de Girona y el mortero de cal.

La piedra de Girona es una caliza fosilífera (numulítica) del Eoceno medio (Luteciano). En su matriz encontramos los fósiles que le dan nombre, los numulites, mezclados con otros fósiles de origen marino (por ejemplo de la familia de las ostráceas). Estos fósiles, protozoos rizópodos del orden de los foraminíferos, con forma de lentilla pueden llegar a tener un diámetro de 8 mm. El color de esta roca es gris aunque en la veteada aparecen tonalidades ocres.[1]

Se trata de una roca formada principalmente por calcita (83%) acompañada de pequeñas cantidades de feldespato (9,5%), cuarzo (5%) y dolomía (2,5%). Estamos ante una roca compacta, coherente y relativamente homogénea. Entre sus propiedades más destacadas sobresalen su porosidad abierta baja, su baja capacidad de absorción, su secado lento y su alta resistencia a la compresión (tabla 1).

La piedra una vez extraída era trabajada mínimamente en la cantera y a pie de obra, en la lonja, se le acababa de dar la forma necesaria para ser colocada en obra. Para su extracción se utilizaba pólvora de baja potencia para conseguir un hueco donde poder clavar las cuñas, de madera humedecida o de hierro, que permitían el corte del bloque de piedra.[2] Las propiedades de la caliza numulítica hacían que esta fuera muy fácil de trabajar, tanto en la cantera como a pie de obra, utilizando el utillaje tradicional del cantero (maza, cincel, escarpa, etc.).

El otro material utilizado en la construcción de los campanarios estudiados es el mortero de cal. Este es el encargado de unir los diferentes sillares de piedra utilizados en la construcción. Se trata de un mortero pobre —mortero donde la relación cal-arena es baja— que con el paso del tiempo se va mejorando. En este mortero hemos podido observar la existencia de pequeñas cantidades de yeso utilizadas para acelerar su fraguado (García 2006). La calidad de la arena utilizada también es variable. La arena podía ser más gruesa o más fina y con más o menos arcilla. Poco a poco se intenta eliminar la arcilla ya que se observa que hace bajar la calidad del mortero.

La cal utilizada para la fabricación del mortero se fabricaba en hornos cercanos a la obra a ejecutar. A veces, según noticias de la época, esta se obtenía a pie de obra cociéndose en grandes charcas y una vez apagada se utilizaba para fabricar el mortero. Esta era una opción muy utilizada para eliminar los gastos de transporte que en el período que nos ocupa eran bastante elevados. En los libros de obra de la iglesia de San Félix de Girona aparecen citados los dos sistemas: la fabricación a pie de obra y el suministro de cal procedente de hornos de cal, cercanos a la ciudad de Girona, propiedad del capitulo o de particulares.

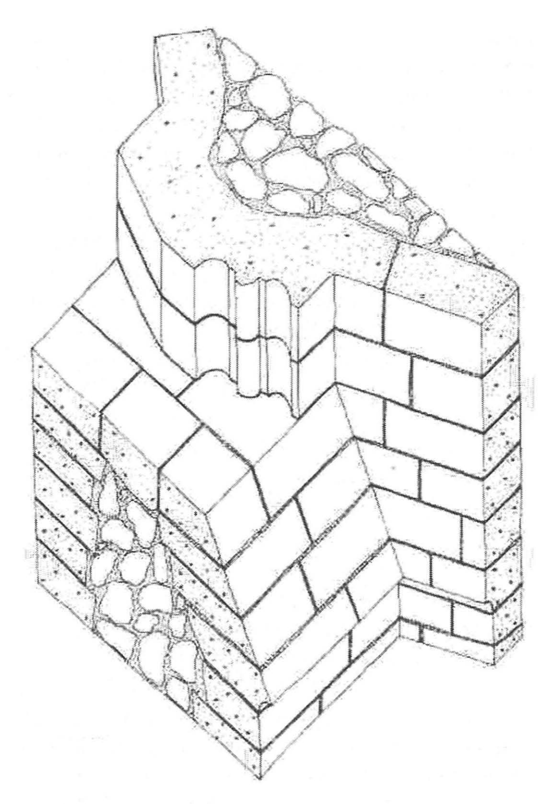


Figura 6
Detalle encuentro muro vertical con ventana en el campanario de la iglesia de San Félix de Girona (M.À. Chamorro)

Sistemas comunes

En todos los campanarios estudiados hemos podido constatar la existencia de unos sistemas constructivos comunes que analizaremos dentro de este apartado.

El primer sistema constructivo que se repite en todas las torres estudiadas es la utilización de la doble pared de mampostería rellena de mortero de cal y piedra. Este tipo de muro aparece en la mayoría de los campanarios estudiados y no es hasta el último nivel que este muro pasa a ser únicamente de piedra de una o dos hojas.[3] El muro doble relleno de mortero aparece en algunos documentos bajo la denominación de *alambor*. En catalán esta palabra se utiliza tanto para designar un muro en talud —típico en construcciones fortificadas— como un muro de doble hoja relleno de mortero.[4] El relleno estaba formado por mortero de cal y restos de piedra (figura 6). En este relleno se aprovechaban todos los restos de piedra procedentes del tallado de la piedra que no podían ser utilizados para otro fin.

Son interesantes dos noticias extraídas de dos informes técnicos de 1536 y 1538 para continuar la construcción del campanario de la iglesia de San Félix de Girona. En el primero se dice que de vez en cuando —cada dos o tres hiladas— se tienen que colocar piedras de través para ligar mejor las dos hojas de piedra del muro y evitar que este se pueda desplomar en un futuro. En el segundo se especifica que en las esquinas se coloquen piezas de piedra en forma de L para así reforzar uno de los puntos más débiles del muro.[5]

Otro de los sistemas constructivos que aparecen en la mayoría de los campanarios estudiados es la unión de grandes —a veces no tanto— piezas de piedra mediante la utilización de grapas. Estas grapas metálicas en forma de U se utilizan básicamente en la unión de los grandes pasamanos de piedra de las barandas (figura 7). En el campanario de la iglesia de San Félix, hasta su reciente restauración, pensábamos que no se habían utilizado. El acceso a la coro-

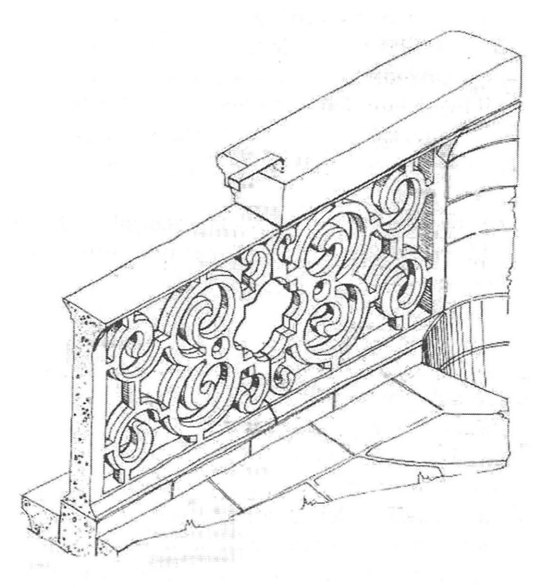


Figura 7
Baranda calada campanario de la iglesia de San Esteban de Bordils (M.A. Llorente)

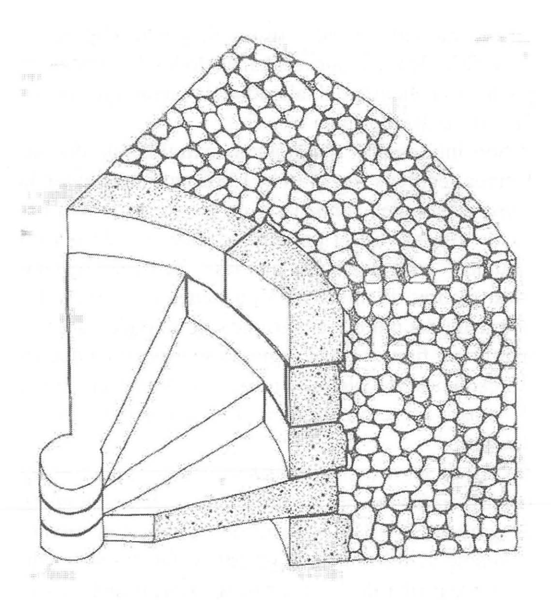


Figura 8
Escalera de caracol campanario de la iglesia de San Félix de Girona (M.A. Chamorro)

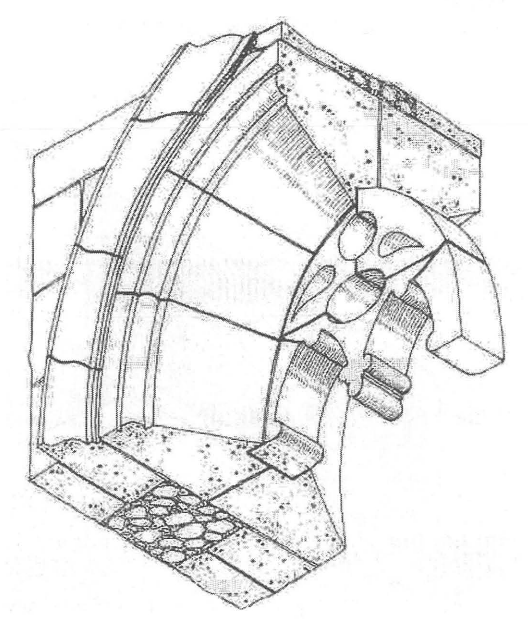


Figura 9
Tracería ventana del campanario de la iglesia de San Isidoro de La Pera (M.A. Llorente)

nación de la aguja mediante el andamio montado en obra nos ha permitido ver que la cornisa que remata la aguja truncada de este campanario esta sujetada mediante grapas metálicas igual que sucede con las barandas de los campanarios de San Isidoro de La Pera, San Esteban de Bordils y Sant Martí Vell.

Otro de los sistemas constructivos comunes a todos los campanarios son las escaleras de caracol. Se trata de escaleras de caracol con espiga en el interior de la cual no se ha detectado ningún refuerzo metálico. El escalón y la espiga son de una sola pieza maciza (figura 8). Cada escalón se apoya mínimamente sobre el inferior. Realmente los dos puntos de apoyo son la espiga (hace la función de columna) y el muro colindante que da forma a la escalera de caracol. En algunos casos, el escalón, visto por abajo tiene forma curvada siguiendo el desarrollo de rampa de escalera. Por tanto vemos una superficie continua a medida que subimos por ella.

Las tracerías de los ventanales van encajadas y ligeramente amorteradas en el hueco que forma la ventana. Se trata de tracerías de más de una pieza (2 ó 3 según el caso) situadas en la parte superior del ventanal. Con esto se reduce el peso por pieza y se distribuye mejor éste para que la tracería no caiga (figura 9). Estas tracerías —las más grandes— han ido cayendo con el paso del tiempo lo que demuestra que la solución constructiva adoptada no era la mas adecuada.

Las bóvedas utilizadas en todos los campanarios son bóvedas de crucería con clave central —decorada— sobre planta cuadrada y en el caso de la torre de la iglesia de San Félix de Girona sobre planta octogonal. Estas bóvedas estaban rellenas, igual que los muros, de piedra y cal. No hemos encontrado la utilización de materiales cerámicos para reducir su peso como sucede en otros edificios. Recordemos que este tipo de bóveda era el habitual en la construcción gótica.

Sistemas particulares

Uno de los sistemas constructivos que solo encontramos en el campanario de la iglesia de San Félix de Girona son las ménsulas para soportar una escalera adosada al interior del muro del campanario. Se trata de unas ménsulas en voladizo sobre las cuales se apoyan los escalones (figura 10). Este sistema tam-

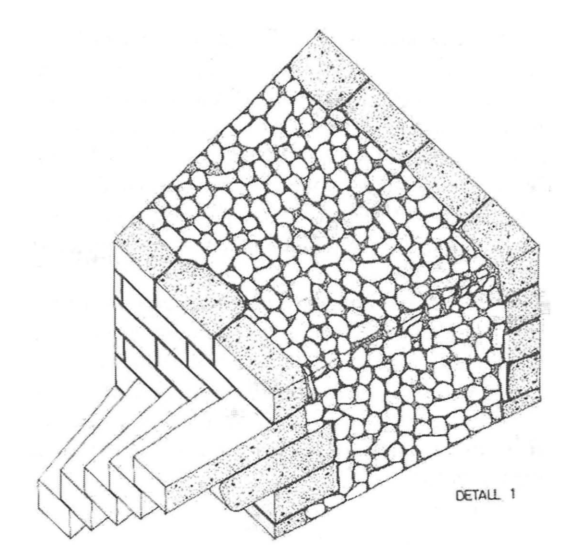


Figura 10
Escalera campanario iglesia de San Félix de Girona (M.A. Chamorro)

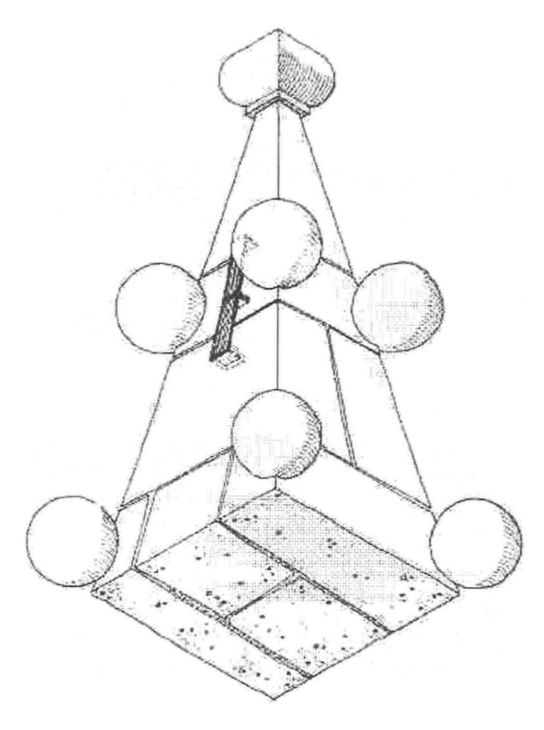


Figura 11
Grapas de unión en el pináculo de la iglesia de San Isidoro de La Pera (M.A. Llorente)

bién permite tener los escalones en voladizo y no ocupar espacio en la planta desde donde arranca la escalera.

En relación a los pináculos hemos encontrado que en el caso del campanario de San Isidoro de La Pera estos se sustentan mediante una doble grapa metálica (figura 11). Este sistema no lo encontramos en los otros campanarios. De todas formas, gracias a la restauración efectuada en el campanario de la iglesia de San Félix de Girona hemos podido comprobar como se sustentaban los grandes pináculos de esta torre. Nos encontramos que en las últimas 8 ó 10 hiladas de piedra de los pináculos las piezas de piedra que los forman tienen un agujero (figura 12). En este hueco se debían colocar elementos rígidos para que los pináculos pudieran soportar los esfuerzos horizontales producidos por el viento. En el caso de la torre de la iglesia de San Félix, después de analizar los restos del interior de estos huecos no han aparecido restos ni de madera ni de metal lo que nos hace pensar que estos agujeros simplemente estaban rellenos de mortero de cal.

Las cresterías de las barandas —de dos piezas debido a su longitud— se aguantan por la presión ejercida en sus cuatro costados (zócalo, pasamano y los 2 pináculos) sin la necesidad de utilizar mortero o al-

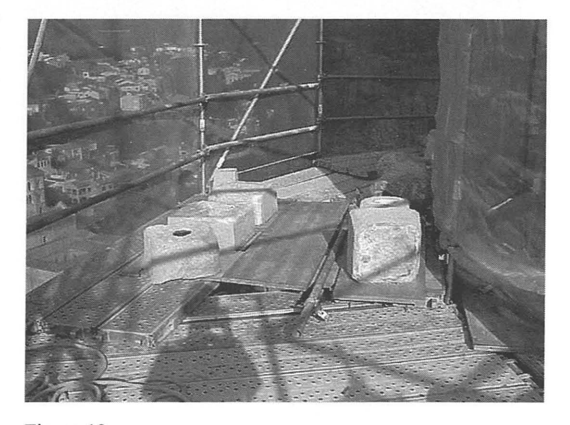


Figura 12
Piezas de los pináculos del campanario de la iglesia de San Félix de Girona (M.A. Chamorro)

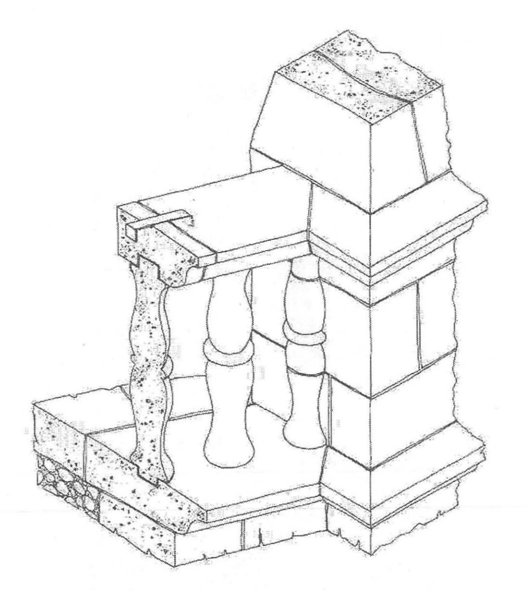


Figura 13
Balaustrada del campanario de la iglesia de San Martí Vell (F. Llorenç)

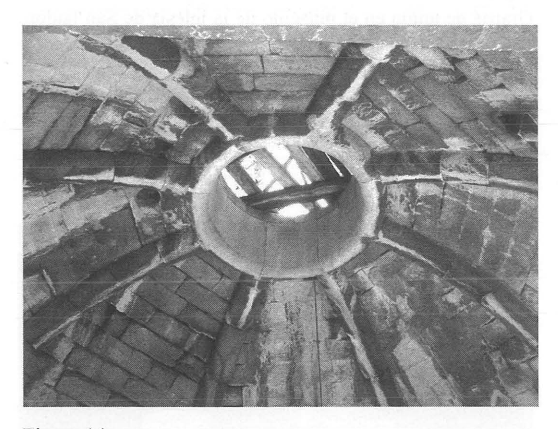


Figura 14
Bóveda de crucería sin clave. Campanario iglesia de San Félix de Girona (Gl. Crous)

gún encaje (figura 7). Esto no sucede con las balaustradas. En este caso cada uno de los balaustres va encajado en el pavimento de la terraza y en el pasamano de la baranda por su parte inferior (figura 13).

En el caso de las tracerías de los ventanales en la iglesia de San Félix de Girona la reciente restauración nos ha permitido encontrar unas tracerías —en el primer nivel exterior del campanario— que conforma una ventana bífora. Es decir, la tracería dispone de unos elementos verticales —a modo de pilares— que permiten compartimentar la ventana en dos partes y al mismo tiempo favorecen la estabilidad de la tracería calada superior.

Como variante de la bóveda de crucería tradicional tenemos que mencionar la existencia de una bóveda sin clave de ocho nervios en el segundo nivel del campanario de la iglesia de San Félix de Girona. Encontramos ejemplos de la utilización de este tipo de bóvedas en edificios contemporáneos en el sur de Francia.[6]

Conclusiones

Como hemos podido observar nos encontramos ante dos tipologías bien definidas de campanarios góticos: los de terraza plana y los acabados en aguja o chapitel. La elección de uno u otro modelo no responde a razones específicas, más bien podríamos asegurar que se trata una elección basada en la estética del que construye y del que realiza el encargo. Como vemos las dos tipologías se repiten en campanarios cercanos a la ciudad de Girona. De aquí que algunos autores hayan querido ver en el campanario de San Félix de Girona un modelo para la construcción del resto de campanarios acabados en aguja de las comarcas gerundenses. De todas formas lo primero que nos tendríamos que preguntar es si el campanario de la citada iglesia acabado en aguja. A la espera de los últimos estudios que estamos realizando y no solo por la gran irregularidad del octógono des de su base hasta el último nivel del campanario —la aguja— podríamos avanzar que este campanario, inicialmente, no acababa en aguja sino en una terraza plana (la aguja se construyo más tarde).

Los sistemas constructivos utilizados en los campanarios estudiados son repetitivos y salvo en algún caso no encontramos variaciones significativas. Esto seria debido, no solo a la utilización de los mismos materiales de construcción, sino también a la utilización de una tecnología constructiva similar en todos ellos. La utilización de los mismos mate-

riales, las mismas herramientas, los mismos medios auxiliares durante el largo periodo de tiempo en que fueron construidos hace que no se aprecien cambios significativos en los sistemas constructivos utilizados.

Las variaciones más importantes las encontramos en el acabado exterior de barandas donde se pone de manifiesto el gusto por el renacimiento, en aquellos acabados con balaustradas, y el gusto gótico, en aquellos acabados con barandas caladas o cresterías.

Notas

1. Aunque R. M. Esbert cita que esta roca es del mioceno (Esbert 1989, 39) nosotros, después de consultar con varios geólogos de la zona, la situamos en el Eoceno medio y concretamente en el Luteciano.
2. En el contrato entre el maestro de obras Joan Pages y los síndicos procuradores de La Pera se hace mención a la extracción de piedra utilizando pólvora suministrada por el pueblo (Grau y Puig 19898, 136)
3. Encontramos un muro de dos hojas en la aguja del campanario de la iglesia de San Félix de Girona de unos 60 cm de espesor.
4. ADG. Obra, 1365–1370 (gastos), f. XXXVIr. Hemos elegido un ejemplo ya que aparece citada en innumerables ocasiones. Recordemos que la iglesia de San Félix de Girona es una iglesia fortificada.
5. AHPG, M. Garbí, notaria 10a de Girona, números 195bis y 201. Además de especificar como hacer los muros también insisten, los dos informes, que se ha de utilizar un mortero de cal de más calidad.
6. La influencia francesa en la ciudad de Girona ha estado siempre presente ya que al ser una zona muy próxima a la frontera muchos maestros franceses se desplazaron para trabajar en edificios de esta ciudad.

Lista de referencias

ADG. Archivo Diocesano de Girona.

AHPG. Archivo Histórico Provincial de Girona. Actualmente Archivo Histórico de Girona.

Clara, J. y Marquès, J.M. 1992. *Sant Feliu de Girona.* Col.lecció Sant Feliu. Girona: Parròquia de Sant Feliu.

Chamorro, M. À. y Llorenç, F. 1993. *Els campanars gòtics a les comarques gironines*. Girona: Diputació de Girona, Col.legi Oficial d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Girona i Universitat de Girona.

Chamorro, M. À. 2000. «La pedra de Girona: un material autòcton». En *Annals del Departament de Arquitectura i Enginyeria de la Construcció. Sostenibilitat i Construcció. Aplicacions i línies de treball*, 2: 25–30. Girona: Departamento de Arquitectura e Ingenieria de la Construcción de la Universitat de Girona.

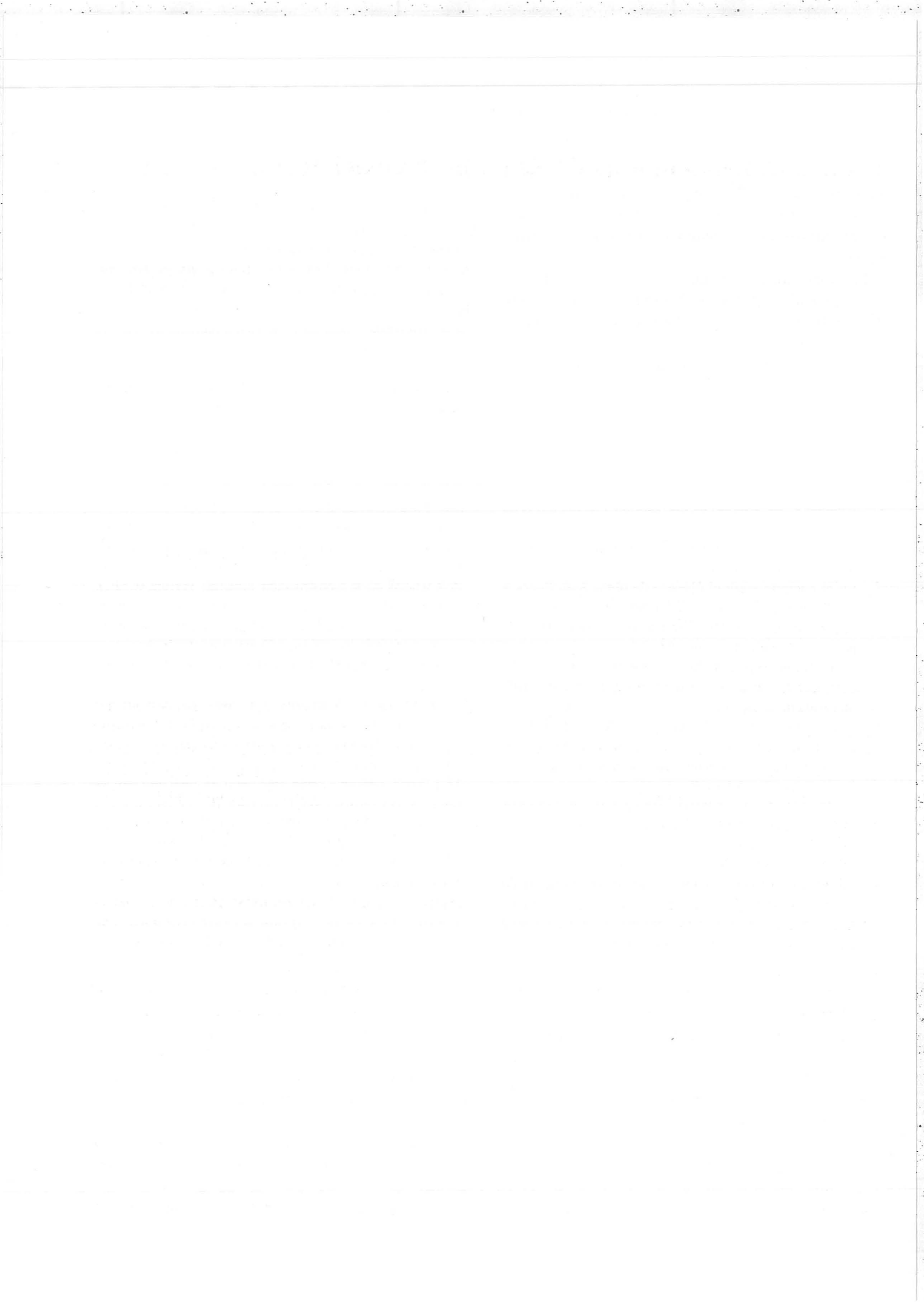
Esbert, Rosa M. et al. 1989. «Petografía, propiedades físicas y durabilidad de algunas rocas utilizadas en el patrimonio monumental de Catalunya, España». En *Materiales de Construcción.* Vol. 39, núm. 214, 37–47. Madrid: Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (CSIC).

García, B. 2006. *Caracterització de morters antics i morters de restauración*, director del proyecto final de carrera: M.A. Chamorro. Girona: Departamento de Arquitectura e Ingenieria de la Construcción. Universitat de Girona (inédito).

Giró, D.; Martín, J. y Rodríguez, J.A. 2004. *Aixecament, modelació 3D, anàlisi històric, constructiu i estructural de l'església de Sant Feliu de Girona dels segles XIV-XV*, directores del proyecto final de carrera: M.A. Chamorro y M. Llorens. Girona: Departamento de Arquitectura e Ingeniería de la Construcción. Universitat de Girona (inédito).

Grau, J.M.T. y Puig, R. 1989. «El campanar de La Pera: una obra del s. XVII». En *Estudis del Baix Empordà*, 8: 129–138. Sant Feliu de Guixols: Institut de Estudis del Baix Empordà.

Marqués, J.M. 2001. «El temple de Sant Feliu de Girona, al s. XIV». En *Annals de l'Institut d'Estudis Gironins*. Vol. XLII, 131–150. Girona: Institut d'Estudis Gironins.



El pabellón de Chile en la Exposición Iberoamericana de Sevilla de 1929

Guido Cimadomo

Se aproxima el centenario de la Exposición Iberoamericana de Sevilla celebrada a lo largo de 1929 y 1930, y si bien sus travesías históricas están bien documentadas debido a la importancia que significó en el desarrollo urbano de la ciudad, sigue existiendo un vacío documental sobre algunos de los edificios mas emblemáticos, como son los pabellones internacionales. El estudio mas detenido de estos últimos se realiza a través de la revista Aparejadores a finales de la década de los años 80, en el marco de las actividades preparatorias para la que será la Exposición Universal de 1992. En muchos casos se trata de una breve reseña sobre los mismos, aunque en algunos casos de gran valor documental.

Un informe oficial de 1926 pone de manifiesto como veintiuna obras estaban pendientes de ejecución, y en la mitad de los casos no existía siquiera proyecto (Salas 2004). En este contexto hay que enmarcar la participación de la República de Chile, cuya participación viene formalmente notificada el 5 de noviembre de 1925. Con la misma fecha se nombra la comisión ad-honorem que se hará cargo de los trabajos preparatorios de la participación a la Exposición. La componen Julio Prado Amor (presidente), Camilo Carrasco Bascuñán, Manuel Lueje, Francisco García Paz, Alberto Edwards (posteriormente comisario general de chile en la Exposición), Francisco Rojas Huneus, Luis Larraín Prieto, Pedro Prado, Nicolás Novoa Valdés (secretario). Se trata de un largo proceso, considerando el periodo de gestación del evento, que comienza a esbozarse en 1909, hasta confirmar la presencia andina en la Exposición Iberoamericana.

Actos preparativos de la participación chilena a la Exposición

A partir de esta fecha empieza una carrera contra el tiempo para recuperar el tiempo perdido, aunque como se ha visto las obras en general tenían un retraso importante. La tarea principal de estos años fue concienciar a la población de la importancia y necesidad de participar en el certamen, ya que la economía chilena no se encontraba en un momento boyante. Se busca asimismo la participación de la colonia española, así como de la industria y de otros sectores pujantes de la economía nacional. Pese a todo parece desde el primer momento clara la idea de tener una presencia significativa y destacada respeto a los demás participantes. En abril de 1927 se solicita a la organización del evento información sobre los demás proyectos de los pabellones construidos por el Gobierno y los internacionales; se solicita el coste por metro cuadrado y la superficie media de los participantes, con la clara intención de poder establecer unos criterios para la definición del pabellón a realizar.

A lo largo del mes de mayo se confirma la ubicación del futuro pabellón permanente, en la parcela dos que se mide en una superficie de 3.100 m^2, próxima a la puerta de San Telmo, a los pabellones de

Uruguay y de los Estados Unidos. Una situación privilegiada en el conjunto de la exposición, que había destinado el eje principal de la nueva urbanización, conocida popularmente como Avenida de la Palmera, para la ubicación de los Pabellones Internacionales. Definitivamente la parcela tendrá 5.850 m^2. Paralelamente se convoca un concurso nacional para elegir el proyecto ganador que tendrá que representar al País. El jurado del concurso, Ricardo González (responsable de la subdirección de arquitectura para la participación a la Exposición), Jose Forteza, Alberto Risopatrón, Ricardo Larrain Bravo y Carlos de Landa, se reúne los días 5 y 8 de agosto de 1927 para deliberar sobre las numerosas propuestas presentadas (siete en total), aunque debido a la calidad de las propuestas, decide realizar un concurso restringido de segundo grado al que acceden cuatro propuestas. El 19 de agosto se resuelve el concurso, resultando ganador el proyecto presentado por Juan Martínez Gutiérrez (Bilbao, 1901–Santiago de Chile, 1971), arquitecto formado en en la Escuela de Arquitectura de la Facultad de Ingeniería de Santiago en los años 1918 al 22, y profesor de la facultad de arquitectura de la Universidad de Chile en la asignatura de construcción decorativa.

En las páginas del Diario Ilustrado del domingo 21 de agosto 1927 se presenta el proyecto ganador, que había resuelto brillantemente unos reparos del comité seleccionador realizados en la primera fase. Se presenta como «reflejo de la procedencia ibérica de nuestra raza y de sus obras, es majestuoso, imponente y su planta, que puede exhibirse como un modelo de distribución, aparte de ofrecer todas las comodidades necesarias para exponer los productos chilenos, permite el desarrollo de una construcción esbelta y de buen gusto. Cierran el patio a ambos costados, sobresaliendo de la fachada, a la derecha, la casa destinada al consulado de Chile y a la izquierda, el ala destinada a la exhibición de las pinturas y esculturas chilenas. A estas últimas salas se tendrá acceso por dos puertas, una exterior y otra que da al patio aludido, las cuales anotan dos detalles hermosos: una entrada que cierra una barra que sirve de marco superior a las murallas con tejas laterales, la que constituye un detalle netamente nacional, una escalinata que da acceso al segundo piso, por la parte de atrás, que termina en un amplio corredor con balaustrada cubierto por un telón criollo que se prende en grandes antorchas pegadas al exterior del muro.

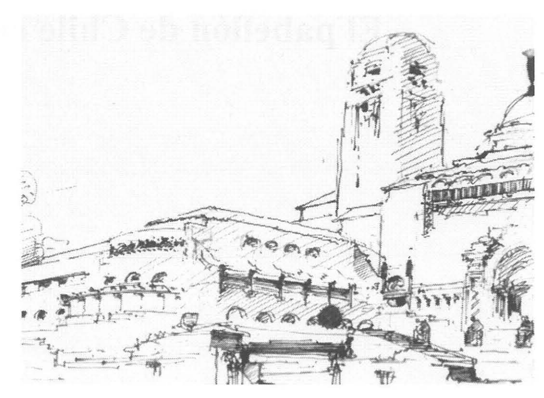


Figura 1
Croquis del proyecto ganador del concurso por Juan Martínez (Departamento de Historia y Teoría de la Arquitectura Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Chile)

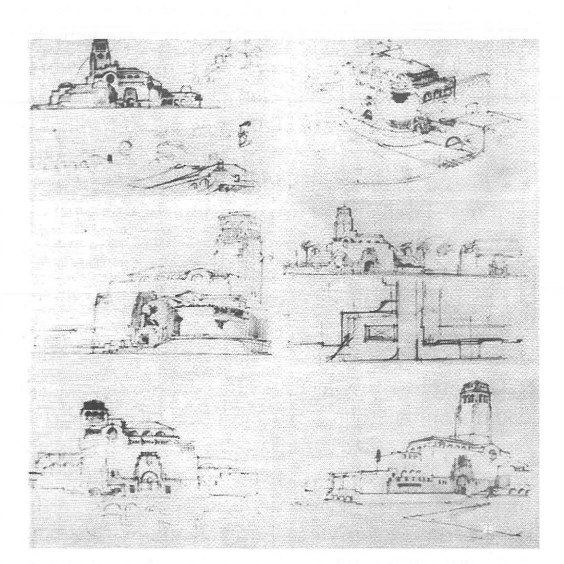


Figura 2
Croquis del Pabellón de Chile, por Juan Martínez (Miranda Rioja y Undurraga Gómez 1977)

Este mismo detalle del telón y las antorchas se repite en la terraza del tercer piso, que queda a la derecha de la fachada. Hay armonía en la distribución de los motivos del proyecto del señor Martínez. El ala izquierda del edificio se caracteriza por una serie de te-

chos escalonados y superpuestos que da movimiento a esta parte del a construcción. Las arcadas que sirven de entrada a las salas del ala izquierda, es un motivo que se repite acertadamente en el resto del edificio, dándole un carácter bien criollo. El balcón del segundo piso, del lado izquierdo de la fachada principal, con su oreja su marco en arcada, es un detalle bien chileno.»

El mismo arquitecto, en una declaración a «El Liberal» de 1 de noviembre de 1928, ya en Sevilla, describe la idea de proyecto como «Expresar los plácidos remansos de las costas chilenas y la orografía titánica de los Andes, componiendo de forma casi escultórica las masas grises y blancas, que van ascendiendo hasta culminar en la fuerte torre» (Babiano 1988).

Parece sin embargo que el edificio finalmente construido no se corresponde con cuanto presentado al concurso de anteproyectos. Hubo una polémica con respecto al proyecto ganador, debido a su marcado estilo morisco, el que no se ajustaba a la imagen del Chile que la sociedad de la época quería proyectar (Claro y Swimburn 1992). Por otro lado los comentarios de Guillermo Ulriksen al visitar el edificio en 1954, encontrando una obra de formas barrocas enteramente distinto al premiado, sencillo y rústico edificio colonial chileno, reflejan el intento de crear un «estilo» que corresponde a un edificio híbrido, incongruente en sus relaciones, e insostenible para los puntos de vista de la crítica contemporánea del arte (Perelman 1978).

Es importante con respeto a este aspecto, entender la filosofía de la exposición desde el punto de vista de los países internacionales participantes. No se veía como una simple exposición mas, como la contemporánea de Barcelona y las demás que se alternaban por todo el mundo, cuyo objeto era la exhibición de la capacidad económica e industrial de los países participantes. En esta ocasión se veía la intención de realizar una revisión de los valores morales y culturales supervivientes a través del tiempo y de las vicisitudes de la historia. España quería ver qué queda de suyo en sus hijos americanos (Claro y Swinburn 1978). Con estas premisas la República de Chile pretendió realizar una obra singular y permanente, que destacase sobre los edificios de los demás países, y constituyera una referencia de la importancia y pujanza del País a nivel mundial. Asimismo pretendió establecer un propio estilo artístico y arquitectónico, que se desligara del conjunto de países limítrofes para afirmar una vez mas la expresión de su civilización.

El proceso constructivo del Pabellón

El 25 de septiembre de 1927 sale de Santiago por la combinación trasandina Juan Martínez para llegar a Sevilla a mediado de octubre, después de presentar sus credenciales al ministro de Chile en Madrid.

El 29 noviembre se hace entrega de la parcela, estando presentes su A.R. el Infante de España don Carlos de Borbón y Borbón, el ministro plenipotenciario de la República de Chile, Emilio Rodríguez Mendoza, don José Cruz Conde, comisario regio de la exposición y el alcalde de sevilla, Nicolás Díaz Molero. A este acto participa también el arquitecto que dirigirá las obras, como refleja la correspondencia con la dirección de la organización presente en los archivos municipales del Ayuntamiento de Sevilla.

En los archivos visitados no existe mucha documentación con respeto a la ejecución de las obras, que empezaron el 4 de agosto de 1928. El largo tiempo entre la entrega de los terrenos y el comienzo de las obras, realizadas en la primera fase correspondiente a la estructura en hormigón armado por la empresa José y Eduardo de Anduiza, constructores de obras, especialidad en hormigón armado, con oficinas en Bilbao., no están justificados, máxime con el incipiente comienzo del certamen.

Sin embargo el hecho mas relevante con respecto a la ejecución de las obras se produce a finales de ese mismo año, cuando se paralizan por parte de la empresa constructora las obras después de emplazar al promotor de las mismas el 21 de diciembre al pago de las certificaciones pendientes de cobro. La primera reunión entre las partes se realiza el 16 de enero, cuando el embajador se desplaza desde Madrid con un técnico de confianza para realizar la liquidación de las obras realizadas, que resultará favorable al constructor. En una segunda reunión, el 24 de enero, el embajador solicita una cifra alzada para resolver el desencuentro, cifrándose esta en 800.000 ptas. En estos días (26 de enero) la embajada de Chile en Madrid envía una carta a Juan Gutiérrez, exonerándole del cargo de director de las obras, cosa que no sorprende al arquitecto, aunque no se formule cargo ni

justificación alguna. A principio de febrero esta cifra no viene aceptada por el embajador chileno, acordándose realizar una medición general que realizará Casto Fernández Shaw, y el director de la Escuela de Arquitectura de Madrid, López Otero, en la función de arbitro inapelable. La única exigencia planteada por el constructor, la de acatar de antemano el resultado de la medición por ambas partes, no viene asumido por el Gobierno Chileno. Como asesores técnicos para representar al País aparecen los agentes de la Sociedad Constructora General Ibérica, concesionaria para España y Portugal de la empresa Foundation Cº, ya encargada de la terminación de las obras. Se resuelve finalmente la disputa, al parecer liquidando las certificaciones pendientes, permitiéndose así a la nueva constructora empezar las obras, paralizadas mas de dos meses.

Cuanto arriba reflejado son los hechos acaecidos, mas difícil es comprender las razones que llevan a tan drástica solución, especialmente con los plazos mas que reducidos con los que se comienzan las obras. De los manuscritos existentes, parece que los retrasos en el pago de las certificaciones se deben a unas partidas alzadas a las cuales da el visto bueno el director de las obras, y que no están incluidas en el contrato. Se trataría del acopio de materiales (madera y piedra) la primera para obra fuera de contrato a ejecutar por administración, y la segunda para seguridad de la obra. Existe una propuesta del mismo arquitecto, una vez paralizadas las obras, en la que con objeto de terminar las obras en plazo, considera oportuno resolver el conflicto ya que un cambio de contratista retrasaría innecesariamente las mismas, además de las complicaciones derivadas de las limitaciones que podría tener en la obtención de materiales. Esta última observación en parte podría justificar los acopios realizados, con buena previsión para una optimización de las obras, necesidad imperante antes el frenesí de obras en marcha con vista a la inauguración de la Exposición. Existe así mismo un escrito del segundo contratista que, negociando con la Embajada de Chile, propone seguir las obras con el arquitecto autor, o bien la necesidad de una autorización del mismo para que otro técnico continúe con el trabajo.

Las razones para alejar a Juan Martínez de la obra no son claras, aunque tiene que haber habido un gran desencuentro y perdida de confianza para llegar a tan extremo. Tenemos claro que el pabellón sufre modificaciones con respeto al proyecto ganador del concurso. El ala a la derecha de la puerta principal, destinada a consulado, desaparece reubicándose en un lateral, con acceso desde la calle Rábida. También sufre una transformación estilística, tal como hemos evidenciado con anterioridad. Por otro lado una carta manuscrita del arquitecto con fecha de octubre de 1927, dirigida a Eduardo Carvajal, director general de obras de la Exposición, y por lo tanto anterior al desenlace descrito, en el cual se manifiestan los problemas ocurridos a lo largo de la obra, sobretodo con el comité de Santiago, y en especial con el secretario del mismo. Por un lado parece que no existió hasta bien entradas las obras un programa expositivo, por lo que el proyecto, que según reconoce el propio Martínez era hasta su llegada a Sevilla un anteproyecto de concurso, hubo de definirse sin este requisito primordial y adaptándose según se iba definiendo el programa expositivo en Santiago. Por otro lado la realización de las decoraciones, que en principio estaba previsto fueran realizadas por artistas españoles (cabe recordar la vinculación del arquitecto con los ambientes artísticos de Santiago), se pretendió desde el comité ser realizados en Chile, sin la supervisión del director de las obras, por lo que éste se negó, y al final consiguió que se desplazaran a Sevilla los artistas encargados de estos trabajos por parte del comité organizador. Pero el aspecto fundamental que se dibuja en esta carta es la imposición por parte del comité de realizar el total de las obras por el importe destinado por el Gobierno, de 1.300.000 pesetas. Quizás el mismo sismo que destruyó a varias ciudades obligó a un recorte de los fondos, que aunque no comprometidos se pensaba destinar a la construcción del edificio. Las modificaciones sufridas por las obras, que llevan al pabellón chileno a ser el de mayor superficie de entre todos los construidos, parece ser que no obtuvieron en su momento respuesta alguna desde el país suramericano, por lo que este recorte sorprende al arquitecto, que no ve forma alguna para conseguir reconducir las obras en el presupuesto original debido a la gran superficie construida. En definitiva las quejas que se exponen resumen un largo esfuerzo por parte de Juan Martínez para conseguir un resultado significativo de la participación Chilena, en contra de la desorganización gobernativa.

También es significativo en esta perspectiva como hasta ganar el concurso del Pabellón, la actividad proyectual de Juan Martínez es bastante escasa y poco relevante (terminó sus estudios en 1922 al pare-

cer sin presentar su trabajo final), centrándose en la edificación de viviendas unifamiliares y en la realización de unas esculturas para el Cementerio General de Santiago. Solamente después de volver a Chile, después de un viaje por Europa que le permite entrar en contacto con los mayores exponentes de la Arquitectura Moderna, es cuando empieza una amplia actividad profesional, construyendo obras de gran trascendencia nacional: la Escuela de Derecho de la Universidad de Chile, el templo votivo de Maipú y la Escuela de Medicina también para la Universidad de Chile, obras que le merecerán el galardón en el primer Premio Nacional de Arquitectura de Chile, en 1969.

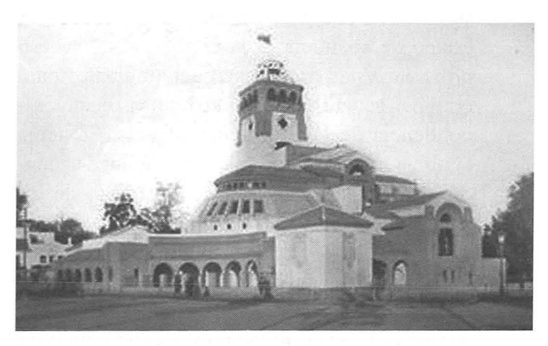


Figura 3
El pabellón en una postal de 1929. (Blog Sevilla Siglo XX, http://www.sevillasigloxx.com/2007/09/pabelln-de-chile.html)

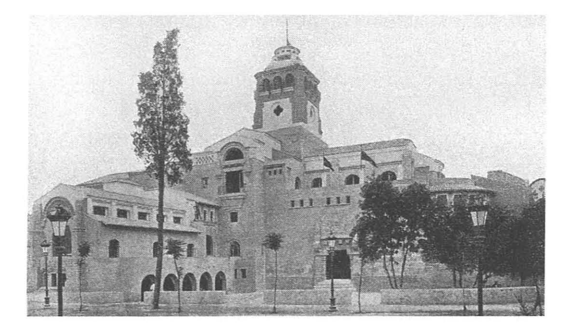


Figura 4
Vista del acceso principal al pabellón en una fotografía del programa oficial. (Blog Sevilla Siglo XX, http://www.sevillasigloxx.com/2007/09/pabelln-de-chile.html)

Los retrasos en los pagos de las certificaciones, y la posterior destitución del director de las obras, pueden leerse como un intento de ganar tiempo en un primer momento, y de reconducir las obras con la colaboración de otras figuras profesionales. Según Rodríguez Bernal (1994, 90) el coste final de las obras ascendió a 1.800.000 pesetas.

El edificio se termina en mayo de 1929, poco después de la inauguración oficial de la Exposición, que tras varios retrasos se celebró el día 9 de mayo, con solamente cuatro pabellones internacionales terminados (Solano 1986, 185).

Desde el punto de vista constructivo, el aspecto mas significativo es la utilización del hormigón armado para la estructura horizontal y vertical del edificio. De acuerdo con Cabeza, la mayoría de los edificios realizados en esta ocasión utilizaban estructuras de fábrica de ladrillo. Esta elección permitió realizar las obras correspondientes a estructura en un plazo de tiempo muy reducido, además de permitir una conservación del edificio mayor que en los otros pabellones. Fundamentalmente se pueden identificar los daños existentes con el deterioro de los sistemas de cubierta e impermeabilización, cuando existentes.

Obras de restauración y readaptación

El edificio, que una vez terminada la exposición fue cedido al Estado Español (a diferencia de la sede consular que sigue cedida a la República de Chile para este uso después de renovarse la concesión administrativa), ha tenido varios usos a lo largo del tiempo, siendo acuartelamiento militar en los años 50, hospital de la sangre durante la guerra, y entre los años 1961 a 1963 sede del instituto de educación San Isidoro, durante el tiempo que duró el derribo y construcción del edificio actual en la calle Amor de Dios. Sucesivamente se destina a Escuela de Artes Aplicadas, de acuerdo con el convenio de cesión por parte de la República de Chile, para lo cual sufrió una importante modificación, de acuerdo con la memoria del primer proyecto depositado en el Colegio Oficial de Arquitectos relacionado con el edificio. En la búsqueda de los documentos que reflejen tales obras, se han encontrado los siguientes:

- Proyecto de reforma de la Escuela de Artes Aplicadas sita en el Pabellón de Chile, Sevilla,

de junio de 1982. Siendo promotor la Delegación Provincial del Ministerio de Educación y Ciencia, se encarga al arquitecto Luis Cano Rodríguez la renovación propuesta por la dirección de la escuela, suponiendo la adecuación del edificio a las necesidades que su uso requiere. Se actúa en ocho zonas de forma puntual, para reconvertir dos núcleos de servicios en mal estado en una nueva aula y crear un núcleo central de aseos (zona 1, planta baja); adecuación del ala destinada a exposición de ppintura, en este momento abandonada, para nueva sala de exposiciones (zona 2), ampliación de una aula en planta sótano (zona 3), adecuación de un espacio para museo de la escuela y otro para despachos (zona 4, entreplanta y nivel 1), reconversión de una vivienda inutilizada en nuevas áulas (zona 5, nivel 3 actual áulas 24 y 25) y la transformación de unas viviendas inutilizadas en los niveles tres y cuatro para crear nuevas áulas (zonas 6 y 7, actuales áulas 23 y 27). La superficie total sobre la cual se actúa es de 1.000 m^2. Lo significativo de este proyecto es un primer levantamiento del estado anterior a las obras, en el cual no se aprecian modificaciones significativas con respeto a los planos mas antiguos que ha sido posible localizar, correspondientes al año 1949 de la Comandancia de Fortificaciones y Obras.

- Proyecto de Reparación general de la Escuela de Arte y oficios de Sevilla, de julio de 1987. Encargado por la Consejería de Educación de la Junta de Andalucía al arquitecto Javier Choza Sotelo.
- Proyecto de diversas actuaciones en cubiertas, de junio de 2006, encargado por la Delegación provincial de la Consejería de Educación a los arquitectos Candelas Gutiérrez, Borrallo Jiménez y González Serrano. Se trata de unas obras conservativas, en las que se sustituyen varias cubiertas inclinadas que debido al desgaste de la mezcla de agarre de los elementos cerámicos no aseguraban la correcta impermeabilización de las aulas. La solución empleada es respetuosa con lo existente, aunque en el transcurso de la obra la fachada principal sufre un «parcheado» en la pintura utilizada, al no respetarse el mismo tono existente con anterioridad, aunque éste ya no es el del proyecto original.
- Proyecto de rehabilitación de la Escuela de Arte (Pabellón de Chile), de octubre de 2008, encargado por el Ente de Infraestructuras y Servicios Educativos de la Consejería de Educación al autor de esta ponencia. Sigue el criterio de encargos anteriores, que destinan un presupuesto para actuaciones puntuales de mantenimiento y mejora de las condiciones del edificio, dictadas fundamentalmente por las partidas presupuestarias disponibles mas que por un criterio global de rehabilitación, que por otro lado obligaría al traslado de la Escuela durante su ejecución. En el proyecto se contempla la incorporación de un ascensor que sustituye el cuerpo de escaleras de servicio en estado de abandono a la izquierda del acceso principal y las modificaciones puntuales para eliminar las barreras arquitectónicas en correspondencia de las diferentes plantas. Se actúa también en diferentes cubiertas inclinadas donde, una vez constatado el buen estado de los elementos estructurales de madera aserrada, se sustituye el paquete de cubierta manteniendo las tejas cerámicas curvas en el exterior, pero mejorando la impermeabilización y aislamiento termo-acústico utilizando paneles sandwich de cubierta. Como última actuación se sustituye un lucernario acristalado a dos aguas de acero que no asegura las condiciones de seguridad y habitabilidad mínimas. Este proyecto está actualmente pendiente de acometer las obras correspondientes, habiéndose retrasado por la actual coyuntura económica.

Con respeto a las intervenciones que ha sido posible localizar y estudiar, caben dos observaciones, en parte justificadas por la cesión de competencias en materia de educación desde el Estado a la Comunidad Autónoma. Por un lado, desde el momento en que se destina a Escuela de Arte no se actúa de forma integral para adaptar el edificio a las necesidades del Centro educativo. Si bien las primeras son adaptaciones al uso, que debido al esquema distributivo no son significativas, los últimos proyectos sirven mas bien para consolidar y reparar los daños que el tiempo está causando. Por otro lado hay que evidenciar como no existe, como puede pasar en otros edificios

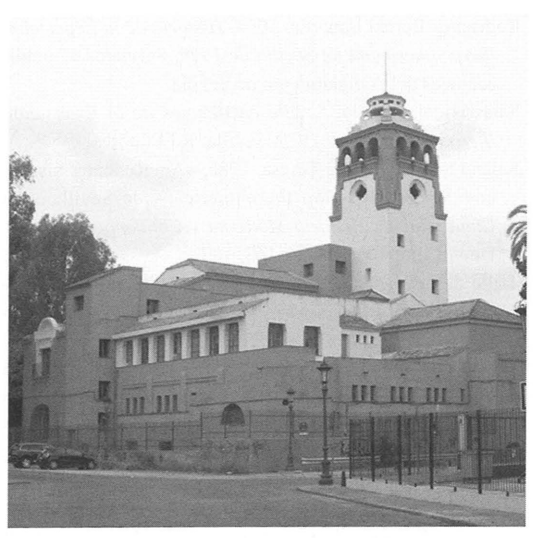


Figura 05
Vista trasera del pabellón en la actualidad, desde el Teatro Lope de Vega. (Blog Sevilla Siglo XX, http://www.sevilla-sigloxx.com/2007/09/pabelln-de-chile.html)



Figura 06
Detalle de la cara exterior de la doble cáscara de hormigón armado en correspondencia con el auditorium. (Foto Guido Cimadomo)

de la misma importancia (valga el ejemplo del cercano Pabellón de Perú), una mano que actúe de forma continuada sobre el edificio, aunque con cadencia puntual en el tiempo. En definitiva un técnico que

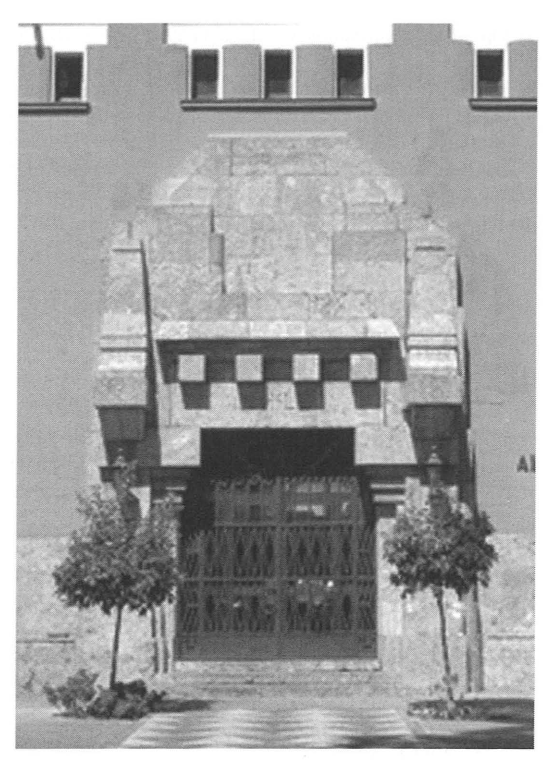


Figura 07
Detalle de la puerta de entrada al edificio. (Blog Sevilla Siglo XX, http://www.sevillasigloxx.com/2007/09/pabelln-de-chile.html)

conozca el edificio en su historia y en su funcionamiento (de por si complejo debido a su organización espacial). Esperamos que estas notas sobre el edificio sirvan de ayuda para la comprensión del edificio y para las actuaciones que será necesario realizar en futuro sobre el mismo.

Listas de referencias

Archivo municipal del Ayuntamiento de Sevilla. Sección Exposición Iberoamericana de 1929. Pabellón de Chile. Microfilm 173–174.

Babiano Álvarez de los Corrales, José Carlos. 1988. «El Pabellón de Chile para la exposición Iberoamericana de 1929». En *Aparejadores*. 28: 15–19.

Cabeza Méndez, José María. 2004. La Exposición Iberoamericana de Sevilla y los aparejadores. *Sevilla: Colegio*

Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Sevilla.

Censo-guía de archivos de España e Iberoamérica, Ministerio de Cultura. «Detalle Unidad – Instituto de Enseñanza Secundaria San Isidoro de Sevilla». (Visitado 3 de mayo de 2009). Ver http://censoarchivos.mcu.es/CensoGuia/fondoDetail.htm?id=623406

Miranda Rioja Carlos y Undurraga Gómez Pablo. 1977. *Juan Martínez Gutiérrez*. Santiago de Chile: FAU Universidad de Chile.

Claro Swinburn Samuel y Swinburn del Río Jorge. 1992. «Pabellones de Chile en ferias internacionales». En *Revista ARQ*. 21:14–19.

Fundación para la Investigación y Difusión de la Arquitectura, Sevilla. Archivo Histórico.

Perelman, Simón. 1978. «Perfil de un creador». En *Auca, arquitectura, urbanismo, construcción, arte*. Santiago de Chile. 35:18–21

Rodríguez Bernal Eduardo. 1994. *Historia de la Exposición Ibero-Americana de Sevilla de 1929.* Servicios de publicaciones del Ayuntamiento de Sevilla.

Salas Nicolás. 1994. *Sevilla en tiempos de la Exposición Iberoamericana del 1929*, Sevilla: Rd Editores.

Solano Sobrado María Teresa. 1986. «Antecedentes históricos de la Exposición Iberoamericana de Sevilla», En *Cuadernos de Historia Moderna y Contemporánea.* Ed. Univ. Complutense. VII: 163–187.

Trillo de Leyva Manuel. 1980. *La Exposición Ibero-americana. La transformación urbana de Sevilla, Sevilla.* Servicio de publicaciones del Excmo. Ayuntamiento.

Villar Movellán Alberto. 1987. «Historicismo y vanguardia en la arquitectura de la exposición iberoamericana», en *Andalucía y América en el siglo XX*, Actas de las VI jornadas de Andalucía y América. Escuela Hispano-Americana (CSIC), Sevilla.

Geometrías complejas en cubiertas de obra de fábrica del siglo XVIII: construcción y comportamiento estructural

V. Compán
F. Escrig
M. Cámara

Es precisamente el comienzo de la decadencia del Renacimiento a finales del s. XVI, debido principalmente a los conflictos religiosos y sociales, lo que marcará la ruptura de los conceptos establecidos hasta ese momento en las distintas artes, tanto a nivel pictórico, escultórico como arquitectónico y renacerán nuevas ideas promovidas principalmente por los poderes reales absolutistas así como por el poder eclesiástico.

Uno de los precursores de este nuevo movimiento fue el Concilio de Trento (1545–1565). En su afán de renovación de la moral de la institución y de acercamiento al pueblo, puso en crisis los conceptos hasta ese momento planteados sobre el diseño de edificios de culto. Ello obligó a buscar nuevos esquemas compositivos que dieran respuesta a las nuevas exigencias. Así, elementos tradicionales como la cúpula ya no entran en juego. En ese momento no encontraban una respuesta arquitectónica satisfactoria por parte de los arquitectos contemporáneos, pero con la llegada de Vignola, que aplica axialidad a la esfera, se comenzará a dar respuesta al problema.

Desde un punto de vista espacial, una propuesta tan ingeniosa permitirá realizar composiciones espaciales mucho más complejas y dinámicas, pero complejizando el trazado geométrico enormemente. ¿Qué geometría espacial se adapta mejor a una esfera deformada según uno de sus ejes?

Una de las soluciones más interesantes y comienzo de esta nueva forma de proyectar, será la Iglesia de San Carlos de las Cuatro Fuentes, de Borromini, la cual marcará los primeros intentos sobre composiciones espaciales más dinámicas, buscando espacios escénicos que sorprendieran al espectador.

Los inicios e nuevas formas geométricas

La obra de Guarino Guarini, aunque tachada por algunos autores como la continuación de la extravagante obra de Borromini, ha permitido sentar las bases para el desarrollo de grandes estilos arquitectónicos. (Meek 1988)

La persecución continua de la originalidad le va a llevar a concebir grandes obras con una base geométrica claramente innovadora. Su obra se centra principalmente en el diseño de edificios eclesiásticos, que podemos clasificar en dos grandes grupos, de planta central y de planta longitudinal.

La búsqueda de los principios de agrupación y yuxtaposición de las denominadas «celdas espaciales», le permitirá profundizar en el estudio de soluciones espaciales bastante más complejas de las que nos tenía acostumbrados el Renacimiento. Las soluciones de edificios eclesiásticos en cruz griega o cruz latina resueltas mediante bóvedas de cañón y cúpulas esféricas son fácilmente trazables, ya que, entre otros factores, sus intersecciones son planas y por lo tanto su construcción se solventa con relativa facilidad.

Guarino Guarini profundiza en el estudio de secuencias espaciales y con ello la definición geométrica toma especial relevancia. La base de muchas de

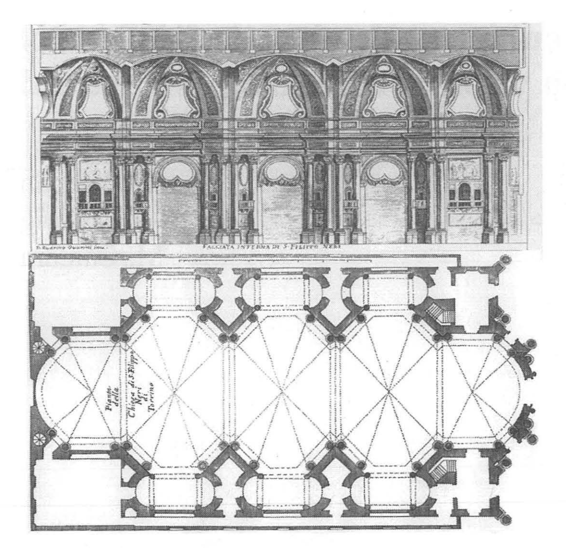


Figura 1
Planta de San Filippo Neri, Turín (1679)

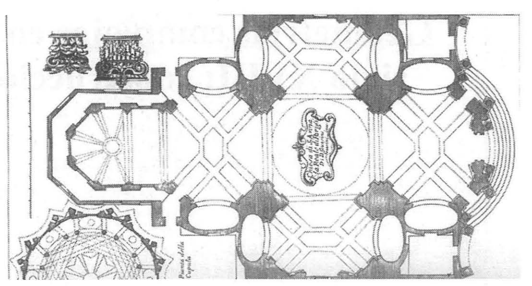


Figura 2
Planta de Ste. Anne Royale

estas ideas se organizan a partir de un octógono en planta, elemento que no solamente permite agrupar otros espacios en cuatro de sus caras, sino que además las otras cuatro, en chaflán, permiten una transición entre un espacio y el siguiente, como sucede en San Filippo Neri, Turín (1679) (figura 1).

La utilización de recursos planos para la definición de la cubierta es su mejor defensa para adaptar superficies de doble curvatura a un contorno recto.

En el caso de Ste Anne Royale (1663), planta de cruz latina, con cúpula central apoyada en pechinas, yuxtapuesta con cuatro naves laterales «celdas espaciales independientes» de planta octogonal, la dificultad radica en la definición de la propia cubierta (de doble curvatura) generada mediante arcos planos desfasados, rematados por un hexágono en la clave con una función clara, absorber la irregularidad de la traza por problemas de incompatibilidad geométrica. La solución se adapta mejor mediante cilindros y arcos planos que la generación de una verdadera cubierta de doble curvatura continua, pero con una gran virtud, la transición entre los distintos espacios se realiza mediante un arco plano, evitando en lo posible intersecciones fuera del dicho plano (figura 2).

La secuencia espacial continúa complejizándose donde las celdas espaciales ya no son tan independientes. La secuencia espacial de una celda con la siguiente se suaviza, el arco plano entre ambas se diluye y las unidades espaciales se entrelazan, y comienzan ideas como la «compenetración sincopada» y la yuxtaposicíon pulsante, que veremos posteriormente.

Uno de los primeros y más claro ejemplo es la Capilla de la Santa Inmaculada Concepción (Sta. Inmaculata Concezione) que, sobre una composición sencilla en planta, presenta una complejidad geométrica hasta ahora no abordada, como es la intersección de cuádricas.

La planta se organiza según dos ejes, uno longitudinal compuesto por dos espacios cilíndricos tangentes rematados mediante sendas cúpulas esféricas, y otro trasversal de menor dimensión y geometría irregular rematado lateralmente por dos pequeñas capillas.

La lectura espacial no está totalmente depurada, ya que las intenciones de la planta no se ven reflejadas en la cubierta (figura 3).

La solución final del plano de cubierta no corresponde ni con la composición de tres celdas espaciales compenetradas, inicialmente proyectada, ni con una solución de integración global de todo el espacio contenedor, debido principalmente a la solución de cubierta adoptada para el eje trasversal. Entra en contradicción la disposición rítmica de los nervios, buscando una lectura de tres espacios, con la solución continua de la superficie y la pérdida del eje trasversal, buscando la unicidad del conjunto.

Los estudios geométricos espaciales realizados comprueban la necesidad de realizar una superficie de acuerdo entre los dos casquetes esféricos laterales, esto confirma la falta de rigor de la solución espacial, frente a una composición en planta mucho más precisa y estudiada.

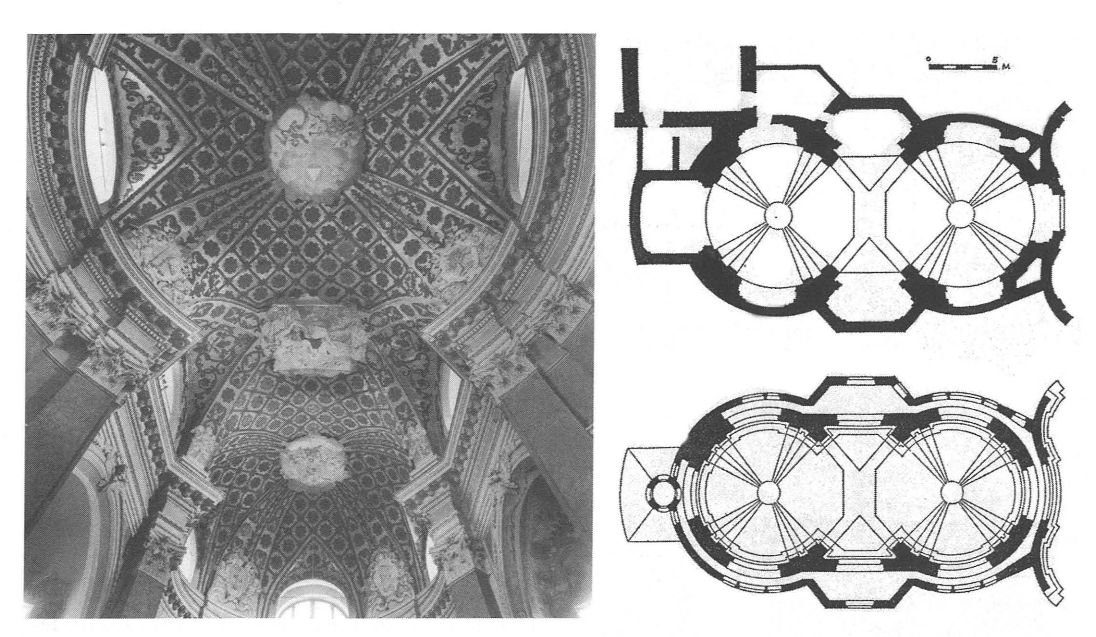


Figura 3
Vista interior y plantas de la Capilla de la Sta. Inmaculada Concepción

La intencionalidad aquí expresada queda todavía más patente en la iglesia de Sta. María de la Divina Providencia en Lisboa (1656–1659), iglesia de planta de cruz latina donde la organización responde a una sucesión espacial mucho más compleja, continuando con las ideas plasmadas en la capilla de la Sta. Inmaculada Concepción y en San Filippo Neri en Turín. De ésta última utiliza el recurso de las pilastras situadas de manera rítmica, marcando la transición entre un espacio y el siguiente, pero suavizando los vértices, mientras que de la primera reutiliza la lectura longitudinal de la planta acompañada de una lectura secundaria transversal de menor escala.

El octógono ha evolucionado hacia el óvalo, aparece lo cóncavo frente a lo convexo, recursos que consiguen limpiar la interrelación espacial de las distintas celdas y generando una fluencia de espacios especialmente orgánica (figura 4).

La solución de cubierta se aproxima a una secuencia de seudobóvedas vaídas, manteniendo plana la relación de una bóveda con la siguiente, simplificando enormemente la definición geométrica. La cubier-

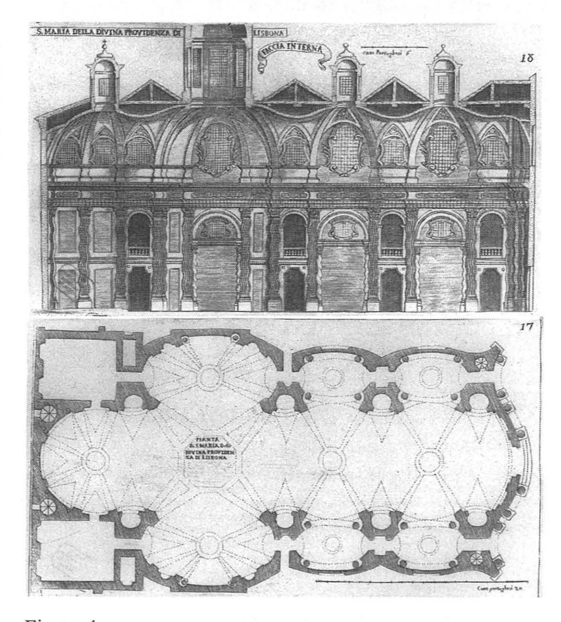


Figura 4
Sección y planta de Sta. María de la Divina Providencia

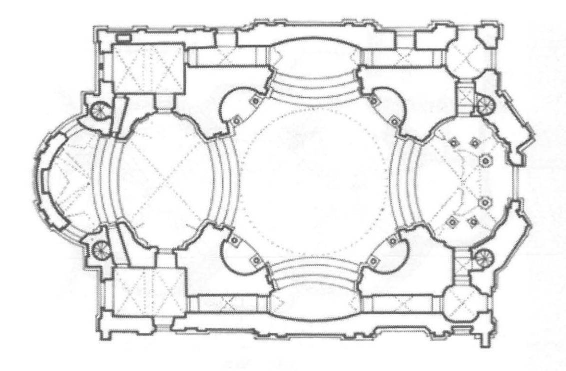




Figura 5
Vista de fachada y planta de la iglesia de San Lorenzo en Gabel (1699–1711)

ta pretende reforzar la intencionalidad de la planta, pero todavía es incapaz de resolver la voluntad del autor. Un espacio dilatado del primer nivel corresponde con un espacio comprimido del segundo y viceversa, la lectura del espacio sincopado no queda del todo resuelto, y no es hasta la llegada de la familia Dientzenhofer cuando se consigue dar una respuesta definitiva a las ideas planteadas por Guarino Guarini sobre estos temas.

La solución constructiva queda también en entredicho. El punto de inflexión que se produce en la cubierta no sería compatible con una estructura de obra de fábrica,

Uno de los arquitectos encargados de transmitir este conocimiento hacia el otro lado de los Alpes fue Johann Lukas von Hildebrandt (1668–1745), (Christian Norberg - Schulz. 1985) hijo de madre italiana y padre alemán, realizó la mayor parte de sus estudios entre Roma y el Piamonte, ello le permitió conocer de primera mano la obra de Guarino Guarini (figura 5).

Una de las obras más interesantes, atendiendo a la argumentación aquí expuesta, es sin duda la iglesia dominicana de San Lorenzo en Gabel, donde la experimentación sobre el óvalo es patente. Iglesia de planta de cruz griega rematada por una cúpula central, sus cuatro capillas laterales de planta óvalo, recuerda los primeros diseños de yuxtaposición de celdas interdependientes de Guarino Guarini, donde todavía no se había profundizado en la compenetración de espacios.

Lo realmente interesante de este diseñador de grandes palacios, como el Palacio del Belvedere (1714–1723), fue el encargo que le realiza la familia Schönborn en Würzburg. Palacio de gran belleza donde consigue hacer coincidir a grandes artistas como el pintor y grabador italiano Giovanni Battista Tiepolo (1696–1770), creador de los frescos de la escalera principal, como a Johann Dientzenhofer perteneciente a una de las familias de arquitectos y constructores más importante de Bohemia, director de las obras del palacio con el joven arquitecto, y protegido por la familia Schönborn, Balthasar Neumann (figura 6).

La formalización de las nuevas formas geométricas

La experimentación comenzada por Guarino Guarini continúa en manos de la familia Dientzenhofer, prolífica en grandes arquitectos, canteros, constructores, etc. Dentro de la extensa obra realizada, principalmente en Bohemia y la República Checa, se han seleccionado dos obras de las más representativas donde la expresión geométrica supera con creces lo hasta ahora comentado.

Una de ellas y punto de partida es la Iglesia de San Nicolás (Milada Vilímková 1989), de la ciudad pe-

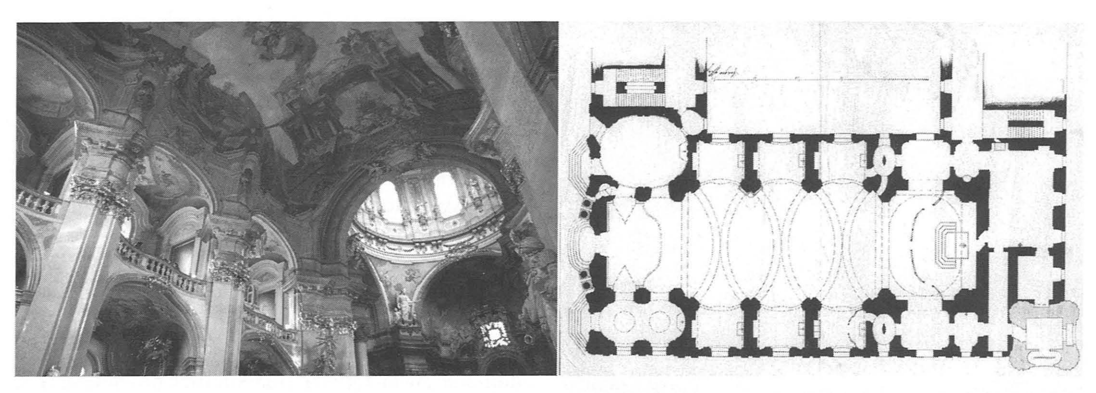


Figura 6
Planta y vista interior de la iglesia de San Nicolas en la ciudad vieja en Praga

queña de Praga, propuesta que consigue resolver el problema de la yuxtaposición pulsante de celdas espaciales planteada por Guarino Guarini, con dos gestos simples: primero, cambiar la curvatura de los nervios que la cubierta para sincronizar la secuencia espacial del primer nivel con la del segundo, y reducir la superficie en planta de las pilastras que delimitan la nave principal.

Con estos simples gestos consiguen aumentar la sensación de la secuencia espacial, el espacio dilatado lo es aún más frente al siguiente comprimido. Este efecto ha sido denominado por autores como «síncopa» (RAE: Enlace de dos sonidos iguales, de los cuales el primero se halla en el tiempo o parte débil del compás, y el segundo en el fuerte).

La única solución para conseguir este efecto es la creación de un nervio alabeado en el espacio. Es una geometría capaz de resolver un problema a costa de crear otro de mayor dificultad. ¿Cómo construir un nervio alabeado en el espacio realizado con el material y los medios de la época?. El problema es tal que en este caso los técnicos no son capaces de dar una respuesta y la solución real resulta un tanto insatisfactoria, resolviéndose el nivel de cubierta mediante una solución más aproximada a una bóveda de cañón que a una verdadera superficie de doble curvatura.

Son los primeros intentos de intersección de cuádricas, cuya solución no aparece hasta varios siglos después, tras los estudios realizados por Fresier, o por Desargues.

Habrá que esperar al desarrollo de un grupo de iglesias donde sí se resuelve este problema, St. Joseph en Obořiště (1702), Sta Klara en Cheb (1708), Sta Margaret en Brĕnov (1709), o la más importante de todas, la iglesia del Convento Benedictino de Banz en Bad Staffelstein (1710) por Johann Dientzenhofer (figura 7).

Ésta última iglesia es de una solo nave, con una secuencia longitudinal dividida en tres espacios, uno primero de acceso y situación del órgano, uno central y principal de mayor dimensión y el último de la misma escala que el primero donde se sitúa el altar, todos resueltos con el mismo recurso arquitectónico. La composición espacial mantiene las pautas ya establecidas por Guarino Guarini, sobre yuxtaposición pulsante. El elemento compositivo más importante es el nervio alabeado organizador de todo el espacio.

La familia Dientzenhofer dispone de recursos para la realización de este nervio de gran complicación geométrica resolviéndolo con gran destreza con los recursos geométricos disponibles (Roidl 1995), a falta de conocimiento sobre intersección de cuádricas, están trazados sobre análisis planos, donde el desarrollo y composición de la planta basada en óvalos, no es compatible con una solución de cubierta basándonos en el mismo recurso geométrico.

¿Qué superficie sencilla podemos generar apoyándonos en una planta óvalo, que sea fácilmente trazable? Existen dos soluciones: superficies de revolución apoyadas en el eje longitudinal o el trasversal. Geometrías que por sus proporciones no se adaptan a las condiciones de partida y por tanto descartadas por el autor.

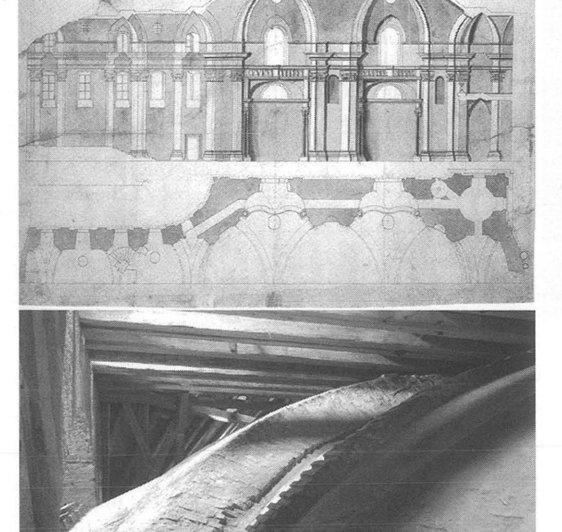


Figura 7
Alzado, planta y vista de la cubierta principal desde el trasdós de la iglesia del Convento Benedictino de Banz (Zimmer 1976)

La resolución espacial se complica enormemente en el momento que pretendemos intersectar dicha superficie con otra de diferente dimensiones y orientación. El planteamiento sería al contrario, una vez determinada la intersección que deseo, aproximo una superficie de acuerdo adaptándola al contorno conocido. La traza del nervio alabeado está basada en superficie circulares, responde a la intersección de dos cilindros de distinto diámetro, cuyo resultado es un nervio alabeado en el espacio cuya proyección en planta como en sección es un círculo.

La solución es fácilmente construible, se realiza el replanteo del primer cilindro vertical en planta realizando un encofrado de madera sobre el que se traza el segundo círculo en la dirección longitudinal de la nave principal, que podrá utilizarse para sostener el resto del encofrado de la cubierta.

El proceso constructivo comienza con la realización de los muros, posteriormente se resuelve la cubierta a dos aguas que dará cobijo a la realización del resto de la intervención y ayudará a contrarrestar los empujes horizontales de las futuras bóvedas y cúpulas, resueltas mediante cerchas planas basadas en pares y tirantes, apoyadas en los muros perimetrales. Posteriormente se realizará el encofrado completo de las cúpulas interiores sobre el cual se apoyará la ejecución de las distintas cúpulas de fábrica. El gran conocimiento sobre el uso y manipulación de la madera le permitirán realizar estos encofrados con suficiente precisión, existen grandes ejemplos de soluciones de cubierta que ratifican esta idea, como la solución adoptada en la Iglesia Benedictina de Neresheim, donde podemos apreciar su tecnología.

Cubierta de la iglesia de Banz es de 30 cm de espesor resuelta mediante obra de fábrica de ladrillo de $14 \times 28 \times 4.5$ de espesor con una llaga aproximada entre 1,5 y 2 cm, de mortero de cal (probablemente), reforzada por la solución constructiva de los nervios alabeados, de mayor espesor. La solución adoptada para los nervios alabeados se acerca más a dos arcos planos apoyados en la clave el uno sobre el otro, donde la zona cercana a la clave es prácticamente plana apreciándose el aumento del alabeo conforme nos acercamos a los arranques.

La solución de la sección en «V» invertida en la clave aporta gran rigidez al sistema de nervios y colaboran en la estabilidad en las tres direcciones del espacio contrarrestando los empujes horizontales al trabajar los nervios dos a dos. La unión entre las distintas cubiertas se realiza en estos nervios alabeados, donde se refuerzan los espesores para ayudar a la estabilidad y aumentar la capacidad resistente a compresión. En las distintas intersecciones con elementos secundarios como los lunetos no se realiza ningún tipo de refuerzo mediante nervios, las tensiones de trasmiten por la propia traba del ladrillo.

Es clave en el diseño de Balthasar Neumann de la Capilla de la Residencia de Würzburgo (Müller 2002) (Sedlmaier y Pfister 1923), la amistad adquirida con Johann Dientzenhofer, lo cual permitió al primero visitar las obras de la Iglesia del Convento Benedictino de Banz y aprovechar el gran conocimiento constructivo del segundo.

La ayuda como director de las obras de la Residencia de Würzburgo de Johann Dientzenhofer fue inestimable y permitió realizar la capilla con una composición espacial basada en la Iglesia de Banz con una solución constructiva basada en la gran ex-

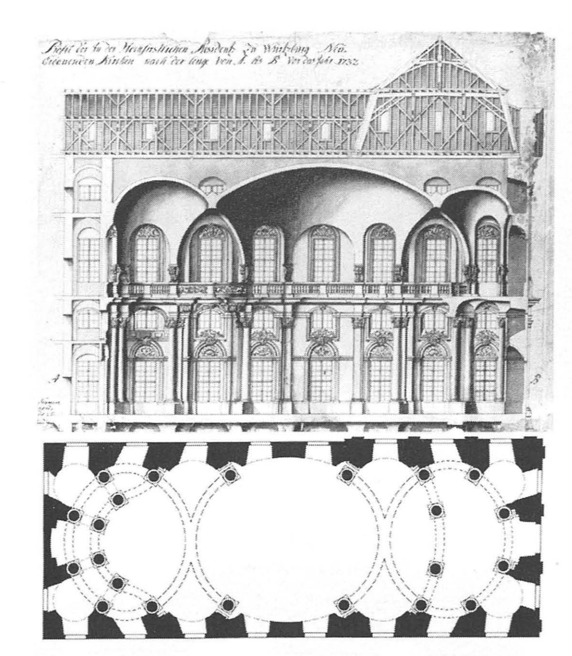


Figura 8
Planta y sección de la Capilla de la Residencia de Würzburgo (1710)

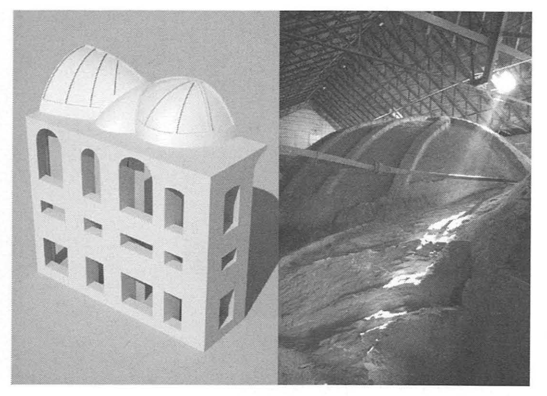


Figura 9
Cubierta de la Capilla de la Residencia de Würzburgo

periencia de Balthasar Neumann como arquitecto militar

Planta de una nave generada por la intersección de tres cúpulas principales de planta óvalo con axialidad longitudinal con otras dos de menor dimensión, también de planta óvalo, con axialidad trasversal. El resultado es una composición espacial basada en los mismos conceptos espaciales de yuxtaposición pulsante, donde el nervio alabeado del caso anterior se diluye hasta convertirse en una superficie de transición entre las dos cúpulas principales adyacentes (figura 8).

Ya no existe un nervio de refuerzo alabeado que resuelve la intersección, la solución responde más la intersección de dos superficies de doble curvatura, controlando la arista viva intersección que se produce en el intrados. La solución constructiva adoptada pierde sensación de movimiento, y se compensan con la realización de sendos nervios postizos que no tienen ningún reflejo estructural.

La distinta disposición del ladrillo induce a pensar que las dos superficies no están completamente trabadas, y que se produce una cierta discontinuidad entre ambas, estabilizadas exclusivamente mediante el peso propio de la propia cubierta y la adherencia del mortero de contacto (figura 9).

Las cúpulas principales están resueltas mediante fabrica de ladrillo de una sola capa de 30 cm de espesor reforzadas en la base mediante el aumento de la lámina en 15 cm (Otto 1979). La colocación de varios nervios radiales de 45 × 45 cm de sección, ejecutados al mismo tiempo que la cúpula. Mientras que las superficies trasversales intermedias son simples láminas de 30 cm de espesor sin ningún tipo de refuerzo, la disposición de los ladrillos responde más a una adaptación a la geometría de doble curvatura, que a una respuesta estructural.

Esta solución constructiva modifica la fluencia de las tensiones a cimentación, cambiando de manera significativa el comportamiento frente a la solución constructiva realizada por la familia Dientzenhofer en Capilla de Banz.

Pero la obra más interesante respecto a un verdadero comportamiento laminar, es la solución adoptada en la Basílica de los Catorce Santos (Hansmann 1999) «Vierzehnheiligen», obra diseñada por Balthasar Neumann cuya construcción no pudo completar, ya que falleció cuando se encontraba la ejecución de los muros a la altura de la cornisa. La solución de cubierta es completamente diferente al caso anterior, no solamente por la escala y la falta de refuerzos, sino también por el cambio de material (figura 10).

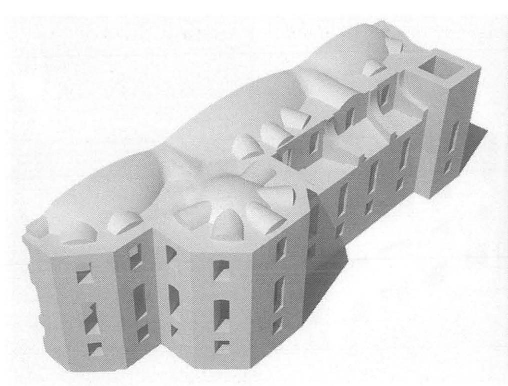



Figura 10
Modelo Espacial y vista del trasdós de la Cubierta de la Basílica de los Catorce Santos

La traza geométrica responde a las mismas premisas establecidas en la Capilla de la Residencia de Würzburgo (Eckert), pero aumentadas de escala. En este caso la composición de la planta se organiza según un cruz latina de tres naves laterales y un transepto rematado por sendas cúpulas esféricas (figura 11).

Se trata de una cubierta de 30 cm de espesor sin ningún tipo de refuerzo estructural en las intersecciones de la cúpulas y realizadas mediante una piedra sedimentaria llamada «Tuff», extraída de un rio cercano. (Ludwig 1982).

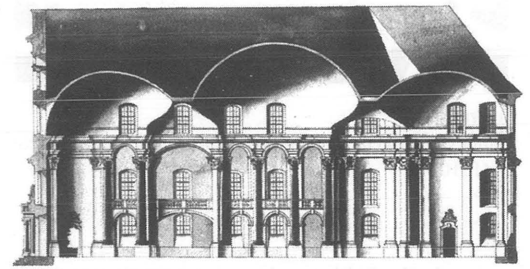
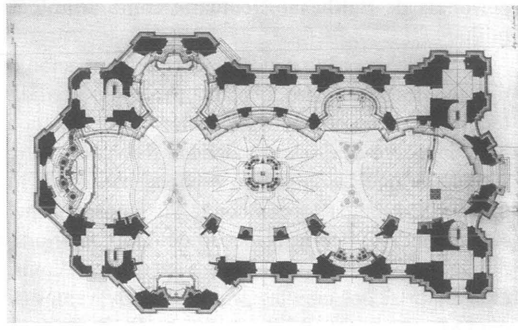



Figura 11
Planta y sección de la Basílica de los Catorce Santos

Conclusiones

La falta de conocimiento geométrico tridimensional, no ha sido justificación suficiente para la realización de grandes geometrías. La respuesta ofrecida al diseño del nervio alabeado anteriormente comentado es realmente innovadora, así como su solución constructiva.

El gran tecnología que disponían para el tratamiento y manipulación de la madera no solo ha permitido realizar con éxito las cubiertas de obra de fábrica, sino que la solución de sobrecubierta basadas en grandes cerchas planas biapoyadas en sus extremos ha contribuido tanto a la ligera de la cubierta de obra de fábrica como a centrar los empujes horizontales provocados.

El buen comportamiento estructural está basado más en la geometría final del conjunto que en las propias decisiones constructivas, como tipo y/o orientación del material, etc.

En general el nivel de tensiones es bajo excepto en zonas sensibles donde si se produce una cierta redistribución de tensiones debido a microfisuras por tracción, como pueden ser las zonas cercanas a los

nervios alabeados, donde se produce una cierta concentración de tensiones.

La relación espesor ladrillo/mortero cercanas al 50% y la solución de mortero de cal favorecen una cierta redistribución de tensiones, que colaborará más al comportamiento de membrana frente al de lámina.

Aunque los ejemplos más interesantes son debidos principalmente a Balthasar Neumann, como la Capilla de la Residencia de Würzburgo o la Basílica de los Catorce Santos, realmente no habrían sido posibles sin la estimada colaboración de la Familia Dientzenhofer.

Lista de referencias

Eckert, Sammlung. *Aus Balthasar Neumanns Baubüro*. Mainfränkisches Museum.

Hansmann, Wilfried. 1999. *Balthasar Neumann*. Dumont.

Ludwig, Franzl. 1982. *Balthasar Neumann, Dachwerke Seiner Landkirchen*, Technischen Universität Berlin.

Meek, H.A. 1988. *Guarino Guarini and his architecture*. Yale University Press.

Müller, Werner. 2002. *Von Guarino Guarini Bis Balthasar Neumann*. Michael Imhof, Petersberg Verlag.

Norberg-Schulz, Christian. 1985. *Weltgeschichte Der Architektur, Spätbarock Und Rokoko*. Deutche Erlags-anstalt Stuttgart.

Otto, Christian F. 1979. *Space Into Light. The Churches Of Balthasar Neumann*, Mit Press Series.

Roidl, Wolf Hartmut. 1995. *Die Kurvierten Sakralräume Des Christoph Dientzenhofer*. Tuduv-Studien.

Sedlmaier, R. y Pfister, R. 1923. *Die Fürstibischöfliche Residenz Zu Würzburg*. München Verlegt Bei Georg Müller.

Vilímková, Milada. 1989. Johannes Brucker. *Dientzenhofer*, Rosenheimer Verlagshaus.

Zimmer, Hans. 1976. *Die Dientzenhofer*. Rosenheimer Verlagshaus Forg.



La Basilica di S. Gaudenzio a Novara: architettura di luci, forme e strutture

Massimo Corradi

La cupola di S. Gaudenzio a Novara, opera di Alessandro Antonelli, è la più completa sintesi architettonica dei profondi rapporti che intercorrono tra meccanica e geometria, tra materia e costruzione, tra scienza e tecnica, un compendio costruito di scienza e arte del costruire. Le complesse interrelazioni tra forma e struttura, tra immagine dell'architettura e costruzione materica, in un complesso giuoco di forme geometriche ed elementi strutturali sono perfettamente evidenti nella complessa costruzione del sistema architettonico-strutturale che costituisce l'ossatura muraria e portante della cupola antonelliana. Senza entrare nello specifico della storia della costruzione della Basilica novarese per la quale esiste una sufficiente letteratura di genere, in questa breve nota si vuole affrontare il complesso e forse anche tormentato percorso progettuale e costruttivo che ha consentito ad Antonelli di realizzare e innalzare la più audace e alta costruzione muraria italiana di tutta la storia dell'architettura. Opera d'arte unica, irripetibile, geniale e, purtroppo, ancora poco conosciuta e studiata nei più reconditi misteri dell'arte della costruzione figlia di un importante *maître à penser* e simbolo dell'ingegno costruttivo di uno dei più intriganti personaggi dell'architettura italiana del XIX secolo.

Alessandro Antonelli tra filosofia e simbolismo

Alessandro Antonelli (1798–1888), personaggio «minore» della cultura architettonica italiana dell'Ottocento, considerato forse tale per una sua vocazione professionale di tipo «regionale», seppure noto a livello nazionale per la Sinagoga di Torino, meglio nota come Mole Antonelliana (1863–1889), è lo stereotipo dell'architetto-ingegnere-costruttore. Antonelli è architetto a tutto tondo, avvezzo all'uso delle geometrie e all'impiego dei materiali secondo sistemi costruttivo-tecnologici di raffinata sapienza, cultore della forma, ma anche autentico conoscitore della *firmitas* delle strutture nei più profondi recessi del comportamento resistente e dei sistemi strutturali murari.

La consapevolezza di essere *magister* della «geometria della riga e del compasso», disciplina insegnata nelle Scuole di Applicazione per gli Ingegneri, dove l'arte e la scienza del costruire sono «pane» quotidiano per i futuri allievi ingegneri e architetti, fornisce ad Antonelli la capacità di cimentarsi in «esperimenti» progettuali che travalicano i canoni costruttivi dell'epoca. Tali canoni seppure conformi ad una architettura del neoclassicismo altrimenti non eccessivamente radicata in ambito italiano, come invece nel resto d'Europa, per un classicismo *d'antan* tipicamente italiano che travalica lo spazio e il tempo, che è «tradizione» architettonica che suggerisce Antonelli a «rivestire» le sue architetture di elementi classici seppure forse oramai anacronistici per l'epoca.

Ma Alessandro Antonelli sa andare oltre. La sua capacità di utilizzare i materiali murari, di trasformare la «pesantezza» della muratura in elementi strutturali leggeri anche se a prima vista massicci, in armoniose figure architettoniche, in complessi intrecci di

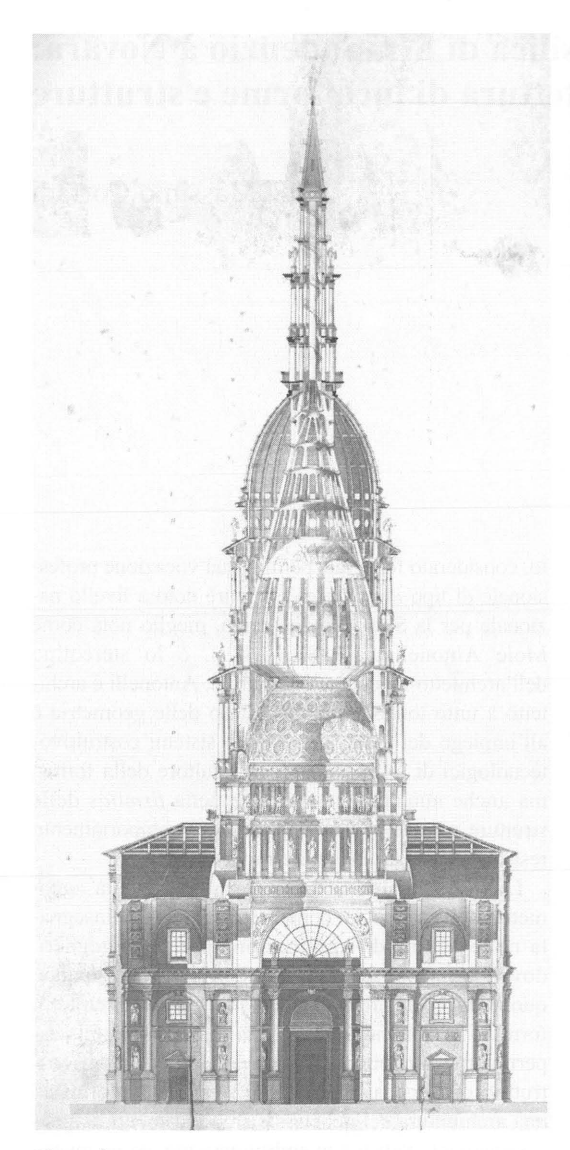


Figura 1
Sezione della Basilica di S. Gaudenzio. Archivio di Stato di Novara

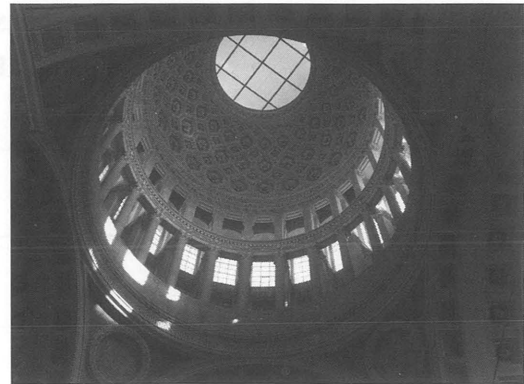


Figura 2
Interno della volta semicircolare impostata sul tamburo colonnato detta «Gran Tazza»

forme resistenti, in giochi di forme, luci e strutture che vanno oltre una «pratica» architettonica e costruttiva per essere sperimentazione, ricerca, voglia di provare quello che nessuno fino ad allora aveva osato tentare; ebbene, tutte queste componenti formali,

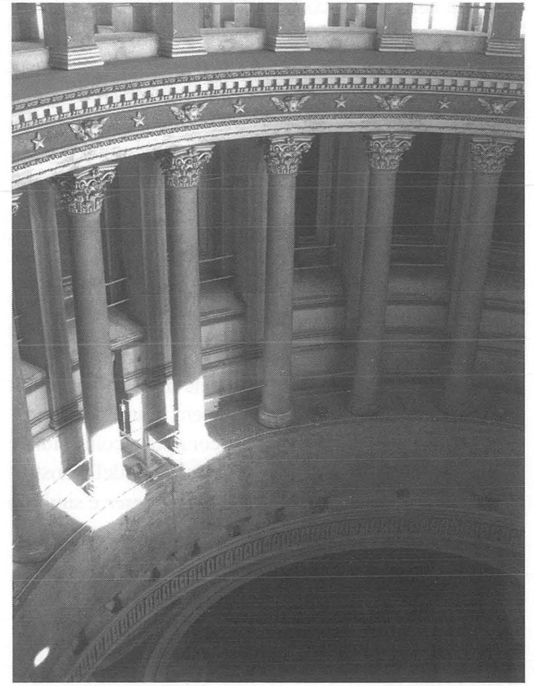


Figura 3
Sistema di colonne giustapposte a sostegno delle «Gran Tazza»

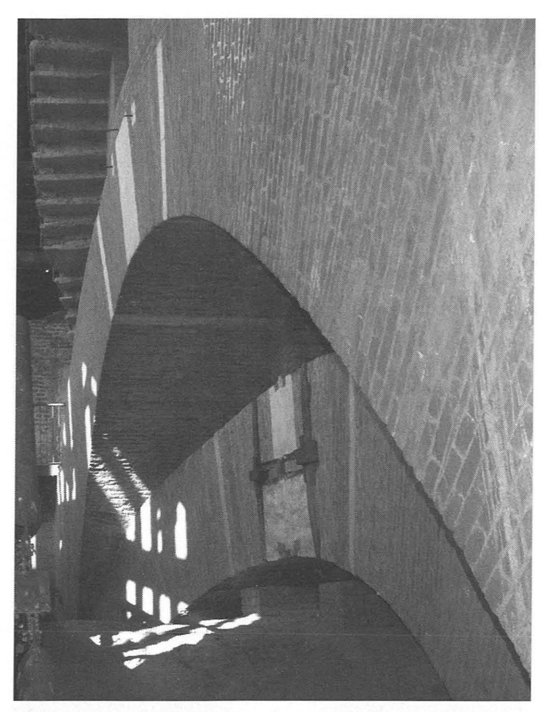


Figura 4
Arconi sghembi di sostegno del tamburo della cupola. In questa immagine si vedono i conci lapidei di irrigidimento della chiave e il sistema di concatenamento orizzontale

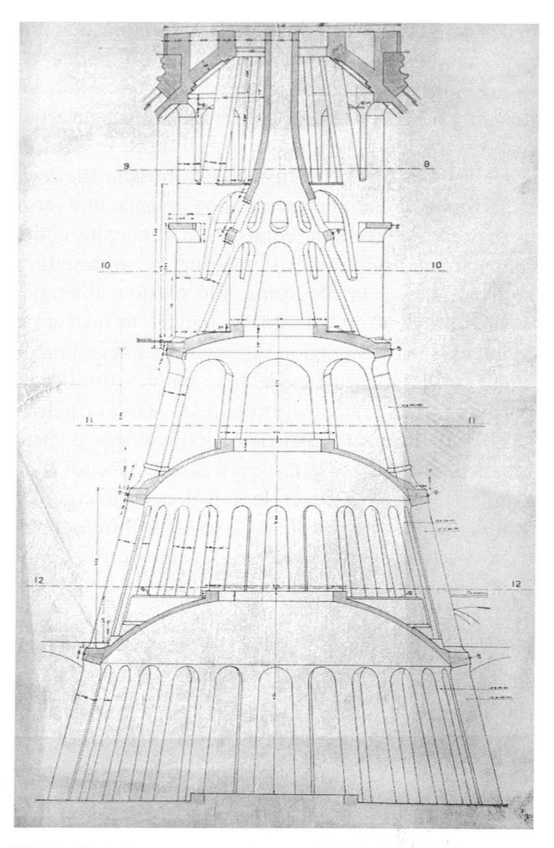


Figura 5
Il sistema strutturale dell' «imbuto» Antonelliano: sezione trasversale. Archivio di Stato di Novara

stilistiche, costruttive, tecniche, tecnologiche, strutturali fanno di Alessandro Antonelli un innovatore, paragonabile per certi versi all'opera di un grande architetto quale è stato Antoni Gaudì (1852–1926), maestro nella sperimentazione architettonica formale, costruttiva e strutturale.

Seppure la Mole di Torino rappresenta per la cultura architettonica italiana e per la città di Torino esempio del genio dell'architetto di Ghemme, la Basilica di San Gaudenzio in Novara (1855–1878) è invece l'espressione più raffinata è compiuta della sapienza costruttiva dell'architetto piemontese, esempio inimitabile di come sia possibile conciliare la triade vitruviana della *utilitas*, *firmitas* e *venustas* in un'opera costruita che travalica i confini della prassi per divenire ingegno, coraggio, sperimentazione, compiutezza tecnica e strutturale, in un giuoco di vuoti e di pieni che mostra le capacità della materia di elevarsi a vette di magnificenza e arditezza che, per citare le parole di Arthur Schopenahuer (1788–1860), elevano l'Architettura al rango di disciplina principe dove l'Architettura è la vera lotta del peso contro la gravità. Oltre una visione di tipo hegeliano della architettura come progressiva comprensione e rivelazione attraverso il superamento dialettico dell'esteriorità, Antonelli —nello spirito del filosofo di Danzica— contrappone una architettura delle forme, delle materie e delle strutture mossa e dominata da un principio irrazionale: la volontà.

Infatti, la volontà dell'architetto piemontese, che non è quella di stupire, ma di studiare, conoscere, sperimentare, forme, materiali, strutture, re-interpreta in architettura quella che è la distinzione kantiana tra *fenomeno* e *noumeno*, tra ciò che si manifesta all'interno delle forme, che da trascendentali diventano

necessariamente materiali fino a diventare oggetto materico, compiuto, formale, artistico, e l'architettura in sé, in- sperimentale, e quindi in- conoscibile se non attraverso la formazione culturale, umana e artistica dell'architetto progettista e costruttore.

Nell'opera di Antonelli il dominio della ragione, della forma, della rappresentazione diventa attraverso la materia quello della conoscenza concepita come rapporto tra architettura immaginata e architettura costruita, vincolata alle forme, allo spazio e al tempo, dove il principio di causalità si traduce in un vero e proprio principio di ragion sufficiente per la comprensione dell'architettura nella sua complessità di rapporti tra forma, materia e struttura, dove tutto è pensato con intelligenza e raziocinio, con passione e gusto artistico, con coscienza tecnica e capacità tecnologica e nulla è lasciato al caso se non il caso diventa per Antonelli prassi consolidata e capacità progettuale.

Se l'arte è opera del genio —come scrive Schopenhauer (Schopenhauer [1891] 1991)— l'architettura è per Antonelli la traduzione di un insieme di saperi che coinvolge l'arte, la geometria, la statica, la resistenza dei materiali, i numeri negli oggetti, la geometria nelle forme, i pesi nelle materie, al fine di cogliere e tramutare in opera costruita le idee «eterne» che sovrintendono l' *idée constructive in architecture* (Malverti 1987). Questo processo intellettuale permette di riprodurre le idee e di comunicarle attraverso e per mezzo di diverse forme espressive; così come avviene per l'arte e la poesia. L'architettura è tale, come scrive il filosofo tedesco, che «la sua origine unica è la conoscenza delle idee; il suo unico fine, la comunicazione di tale conoscenza» (Schopenhauer [1819] 1991, 223). In questo senso il «genio» di Antonelli traduce un pensiero «forte» in architettura costruita, portando le capacità e il «dono innato» dell'architetto costruttore al grado supremo delle possibilità insite in ogni uomo, in ogni progettista, in ogni architetto. Nondimeno, la Basilica di San Gaudenzio è considerata l'edificio in muratura più alto del mondo. In questo senso si capisce la forte volontà dell'architetto piemontese di travalicare i limiti della ragione umana, anche a dispetto di una committenza cieca e tenacemente legata solo al lato economico della costruzione, a progettare e costruire, seppure grazie ad un artificio progettuale che ha visto crescere passo dopo passo la cupola della basilica gaudenziana, un'architettura che diventa soggetto puro della conoscenza sia nei termini vitruviani

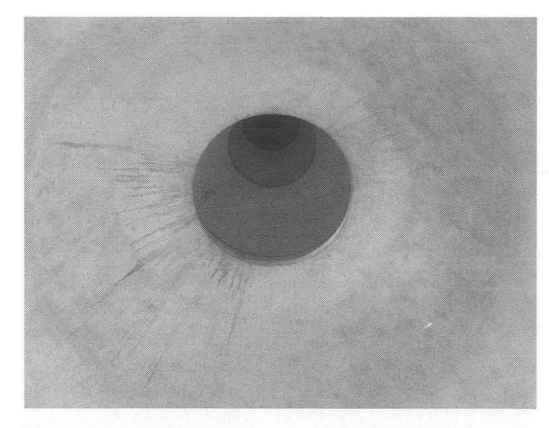


Figura 6
Sistema delle volte ribassate di irrigidimento dell' «imbuto» murario

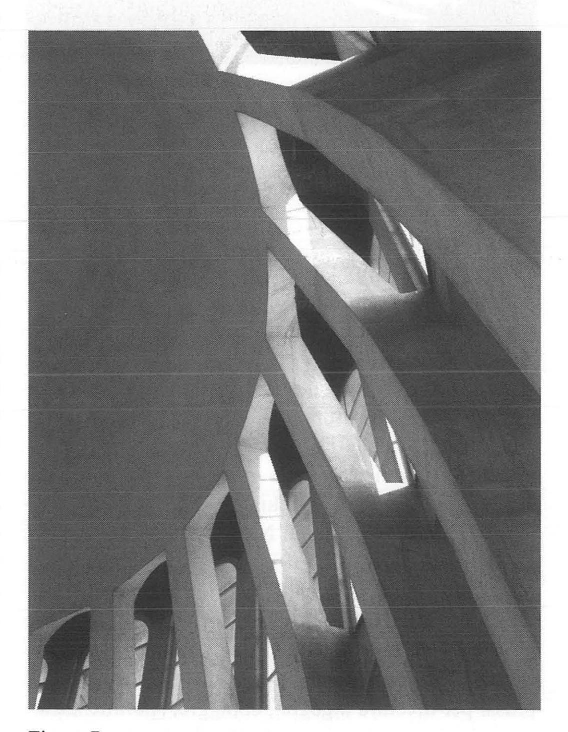


Figura 7
Particolare delle strutture verticali dell' «imbuto» in corrispondenza dell'estradosso della «Gran Tazza»

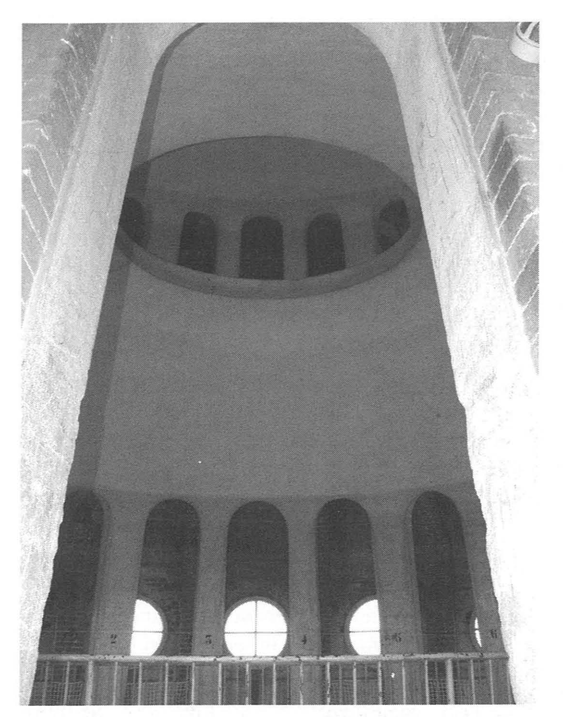


Figura 8
Particolare delle strutture verticali dell' «imbuto» in corrispondenza dell'imposta della cupola esterna

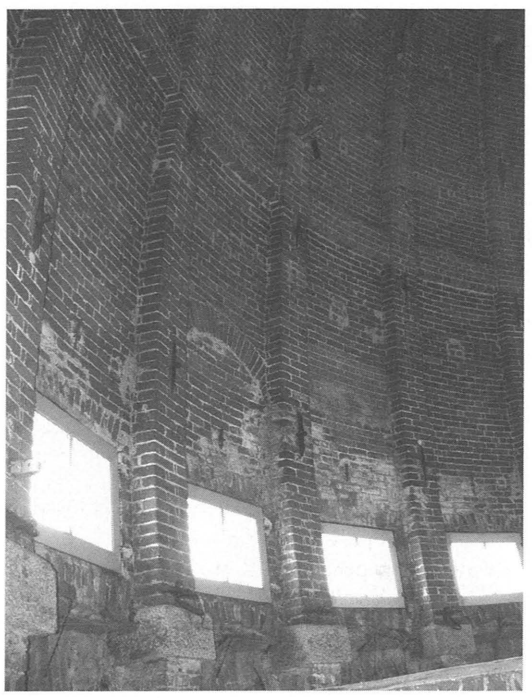


Figura 9
Particolare della cupola esterna: imposta

già ricordati, ma, e soprattutto, nel saper estrarre dai più reconditi luoghi della memoria e della conoscenza quella capacità di astrarre dalle cose particolari, siano esse forme architettoniche, elementi strutturali, materiali, oggetti, le loro relazioni, interconnessioni, capacità di dialogare all'interno di un soggetto, l'architettura della Basilica di San Gaudenzio, che finisce per perdersi nell'intuizione geniale di ogni forma, di ogni elemento costruttivo, di qualsivoglia struttura, dimenticando la propria individualità e diventando così la valenza metafisica di una vera e propria «liberazione» della conoscenza dalla propria sottomissione alla volontà.

L'architettura della basilica antonelliana diventa allora la sublimazione di un processo progettuale e conoscitivo delle possibilità formali, materiche e strutturali dell'architettura muraria, considerata come «arte bella», e prescindendo dalla sua destinazione ai fini pratici; in questo senso l'architettura di Antonelli è al servizio della volontà e della conoscenza pura, essa favorisce l'intuizione di idee relative al complesso intreccio di saperi che coinvolge l'architetto piemontese nell'atto progettuale, oggettivazione della sua forte volontà a conseguire il complesso e tradurlo in semplice, come «il peso, la coesione, la rigidità, la durezza». La sua architettura, allora, è contemplata come opera d'arte, ma anche come esempio di una maestria nell'uso della geometria elementare (la cupola esterna e un arco di circonferenza) propria di una tradizione matematica che richiama l'uso di strumenti semplici, la riga e il compasso, e della consapevolezza statica e materica che esibisce la lotta tra il peso che lo trascinerebbe verso il basso rendendolo una massa informe, e la rigidità che gli conferisce forma e verticalità. Antonelli, così, preannuncia una rivoluzione nell'arte e nella scienza del costruire che vedrà impegnati dopo di lui personaggi più o meno noti dell'ingegneria e dell'architettura come, tra i tanti, Paul Séjourné (1851–1939), costruttore di arditi ponti in muratura e carismatica figura

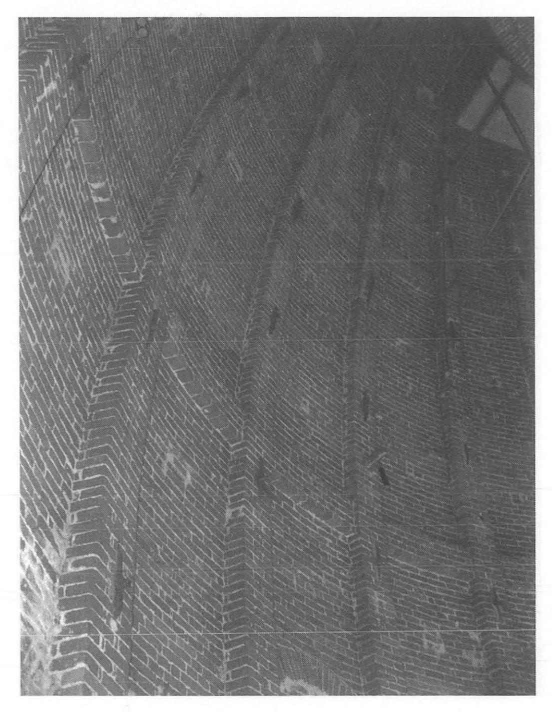


Figura 10
Particolare della cupola esterna: sommità

dell'ultimo periodo dell'architettura muraria (Séjourné 1913–16) e il già menzionato Antoni Gaudì il cui appellativo, l'architetto di Dio, bene esplicita la volontà dell'uomo di superare i limiti dell'esperienza sensibile, della realtà materiale, con la volontà di progettare e costruire architetture che trascendono ogni possibilità di comprensione.

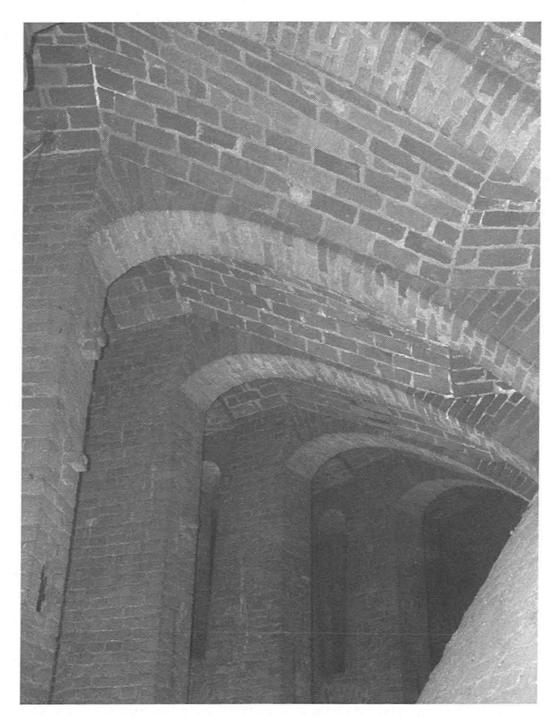
La Basilica Antonelliana

La Basilica di San Gaudenzio a Novara è dunque la sintesi più raffinata e compiuta della genialità progettuale, artistica, costruttiva e strutturale di Alessandro Antonelli, seppure la stessa è limitata alla costruzione della sola cupola, essendo la basilica opera settecentesca (1577–1690) dell'architetto Pellegrino Tibaldi (1527–1596).

Prima dell'esperienza della Sinagoga torinese (1863–1889), poi Museo del Risorgimento, opera che darà fama all'architetto piemontese, Antonelli si dedica alla progettazione (iniziata nel 1841) e alla costruzione (1844–1878) della Basilica di Novara. Impresa eccezionale per progettualità, ardimento costruttivo, tecnica di cantiere e, soprattutto, capacità di intersecare tra loro distinte e diverse complessità legate alla forma, seppure basata su geometrie elementari, ne fa fede il compasso conservato nell'omonima sala, alla struttura, che impegnò forze ed energia oltre i limiti delle capacità umane, all'immagine in grado di stupire con la costruzione dell'inimmaginabile.

Il percorso progettuale seguito dal Alessandro Antonelli per la realizzazione della cupola di San Gaudenzio disvela la forte volontà dell'architetto di superare i limiti della tradizione architettonica e costruttiva coeva con un'opera che deve e vuole essere momento di ricerca e sperimentazione delle capacità umane e delle proprietà della materia di interloquire in una dialettica positivistica che esaltando il progresso delle scienze, delle tecniche e delle tecnologie deve coniugare ciò che è reale, concreto, sperimentale, contrapponendosi a ciò che è solo formale o in termini più generali astratto legato all'immagine dell'architettura piuttosto che alla sua forma materiale e artistica, ciò che è utile, efficace, produttivo in opposizione a ciò che è inutile, vacuo fine a se stesso come poteva essere l'architettura classica o neo-classica. Infatti, il classicismo di Antonelli supera i confini dell'architettura costruita e soprattutto i temi cari ad una cultura romantica e idealista così da ripercorrere la strada tracciata dal *positivismo* di Claude Henri de Rouvroy, conte di Saint-Simon (1760–1825) nella sua opera *Il catechismo degli industriali* (Saint-Simon 1823–24) che venne diffuso da Auguste Comte (1798–1857) quando nel 1830 pubblicò il primo volume del *Corso di filosofia positiva* (Comte 1830). In questo senso si può dire che il positivismo di Antonelli, messa da parte la filosofia idealistica considerata come un'inutile astrazione metafisica, si caratterizza per la fiducia nel progresso scientifico e per il tentativo di applicare il metodo scientifico a tutte le sfere della conoscenza e della vita umana e, soprattutto, all'architettura costruita e non a quella immaginata e disegnata nelle scuole di *Beaux-Artes*.

Il progetto di Antonelli segue un pensiero forte che in un percorso inframmezzato da successivi approfondimenti sa coniugare le problematiche artistiche, compositive, progettuale e tecnicistiche con l'esistente. L'idea costruttiva dell'architetto piemontese è tuttavia volta ad una ricerca formale, strutturale e



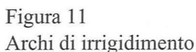


Figura 11
Archi di irrigidimento

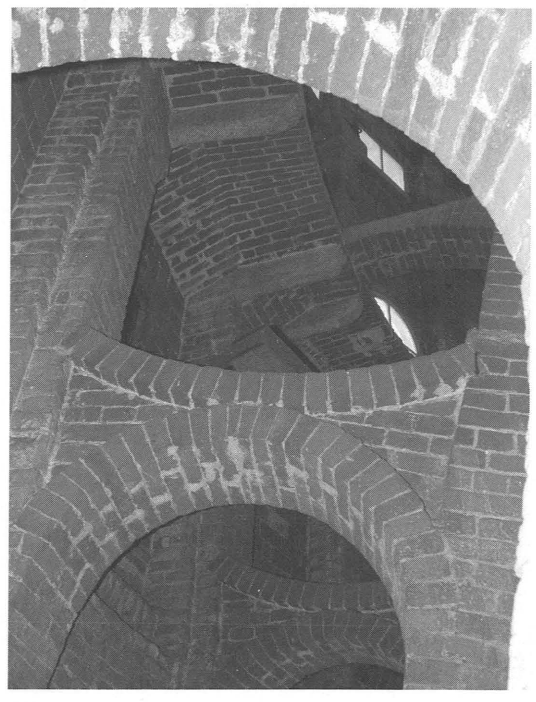


Figura 12
Sistema di archi di irrigidimento e contro-archi di scarico

tecnologica che sa coniugare l'antico, ovvero l'esistente, con il moderno —nel senso di rinnovamento di caratteri e principi ermeneutici dell'architettura in termini Heidegerriani, l'autenticità della costruzione che non è semplicemente un presupposto empirico per la conoscenza del momento progettuale— ovvero il classicismo formale traslitterato con l'impiego di ardite soluzioni strutturali, con un uso appropriato e idoneo, quasi zelante, con una pignoleria che può a prima vista sfiorare l'eccesso (vedi l'uso delle malte, dei laterizi sagomati a mano negli arconi di sostegno del tamburo, nell'uso della pietra massiccia, dura, compatta, nei concatenamenti e nelle chiavi e chiavarde di ferro), con un'attenzione alle nuove esigenze di una tecnica che vuole anche essere spettacolare, pur contenuta tenacemente e con ferrea volontà all'interno di una ragione costruttiva che non ammette deroghe e ripensamenti all'uso ragionato e intelligente dei materiali e delle strutture.

Il progetto della cupola di san Gaudenzio si concretizza allora in una ricerca che si può compendiare in un canone che vede tre temi progettuali che l'architetto deve svolgere: il problema della forma architettonica, la scelta del modello strutturale, l'uso appropriato dei materiali. In questo senso Antonelli è innovatore. Seppure legato a conoscenze artistiche proprie di un classicismo romano delle scuole di Architettura o meglio sarebbe dire di Belle Arti, di un classicismo di maniera di matrice piemontese che privilegia il disegno, l'ornato, la composizione architettonica al momento meramente tecnico, strutturale, materiale, Antonelli è comunque partecipe, seppure a modo suo, di un progresso scientifico —e in particolare delle scienze meccaniche— che mette alla prova la sua capacità di intuire il comportamento statico degli elementi strutturali, siano essi presi singolarmente che nel contesto di strutture complesse o di grande complessità; la capacità dell'architetto è dunque quella di tradurre queste intuizioni in un processo di concatenazione di strutture, presidi statici, elementi portanti, spingenti, di archi, di volte, di contrafforti in una sinfonia strutturale che attraverso un alternarsi di masse e di vuoti,

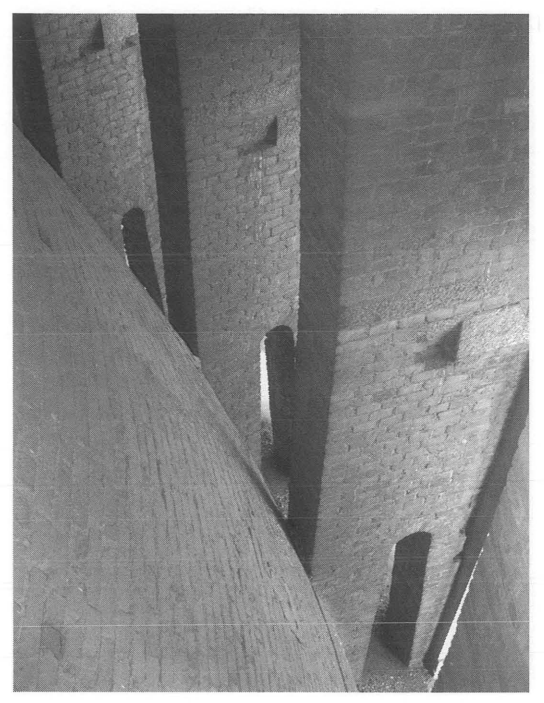


Figura 13
La struttura portante dell' «imbuto» Antonelliano con gli archi di alleggerimento della massa muraria e i blocchi lapidei di irrigidimento e regolarizzazione dei piani di trasmissione degli sforzi verticali

di pesi e di forze, di ombre e di luci, innalza passo dopo passo la cupola Gaudenziana alle più elevate vette della ricerca formale e strutturale. Il tamburo con gli ordini interni ed esterni di colonne, pilastri, e ancora colonne monolitiche giustapposti; la «gran tazza» che copre la perfetta geometria circonferenziale del transetto su cui si imposta e da cui si dipartono gli ordini colonnati; l'imbuto strutturale che si erge fino alla sommità della cupola esterna che si svuota in una successione di nervature portanti collegate da volte ribassate di irrigidimento forate in chiave con un occhio per mantenere il senso di verticalità fino alla sommità e contraffortate da archi e contro-archi di scarico; l'arditezza della cupola esterna in foglio costolonata da nervature secondo i meridiani e i paralleli che denunciano dall'interno la volontà di creare vuoti colmati solamente da un piano materico in laterizio in foglio, fino alla lanterna che per successive giustapposizioni di piani si erge imperniata sulla scala elicoidale in muratura.

La lettura della costruzione Antonelliana è allora come uno spartito di una sinfonia Rossiniana dove un crescendo di immagini artistiche, formali e strutturali accompagna l'osservatore alla sommità della costruzione dove doveva ergersi la statua del Cristo Salvatore.

Dalla imponenza e pesantezza della muratura Tibaldiana, alla leggerezza della scala in laterizio e pietra, dal massiccio formalismo strutturale degli archi sghembi che sostengono il tamburo, alla sottile vacuità della cupola laterizia in foglio (spessore 12 cm), rivestita di un «cappotto» lapideo ma semplicemente imperniato nelle costole con chiavarde di ferro, quasi un tessuto rivestito di pelle forte e dura che si erge su una muscolatura corporea possente ma longilinea posta intorno ad una ossatura muraria che rappresenta il pensiero forte della concezione strutturale della costruzione e del progetto Antonelliano.

Ma in questo raffinato processo di progettazione e composizione architettonica Alessandro Antonelli mostra il suo grande ingegno di architetto-costruttore, *Maître d'Ouvrage et Architecture*, uso all'impiego di materiali con intelligenza e dovizia, alla scelta di elementi e strutture le più confacenti al tema estetico e progettuale della sua architettura, ad una ricerca formale che non è solo disegno di architettura, rappresentazione, ma volontà tradotta in materia di creare soluzioni che superino il dominio della ragione e della forma in un connubio che solo pochi architetti dell'epoca o a lui successivi hanno saputo e sapranno espletare con ardimento e perizia, sapere e coraggio. Ma non il coraggio inconsapevole dell'ingenuo che sfida l'incoscienza, ma il coraggio dettato dalla sapienza dell'antico costruttore di Galileiana memoria.

LISTA DE REFERENCIAS

Comte, Auguste. 1830–42. *Cours de philosophie positive*. Paris: Rouen frères (Bachelier).

Malverti, Xavier. 1987. *L'idée constructive en Architecture*. Paris: Picard (Edition dirige Xavier Malverti).

Saint-Simon, Claude Henri de Rouvroy, conte di. 1823–24. *Catéchisme des industriels*. Paris: impr. de Sétier.

Schopenhauer, Arthur. [1819] 1991. *Il mondo come volontà e rappresentazione*. Milano: Mursia. Edizione originale: *Die Welt als Wille und Vorstellung*. Leipzig: Brodhaus 1819.

Séjourné, Paul. 1913–16. *Grandes Voûtes*. Bourges: Imprimerie Vve Tardy-Pigelet et fils.

Rajoles valencianes: Características de fábricas tradicionales en ladrillo

Valentina Cristini

Cesare Feiffer:

> conservare una superficie di finitura di un paramento murario significa SELEZIONARE solo quando ragioni vitali lo impongano, quando l'impossibilitá fisica lo renda inevitabile; posto che ogni riproduzione non sará che una parziale e infedele sostituzione di quanto perduto.[1]

Desde que a comienzos del 2005 me planteé la realización del trabajo que debería presentar al finalizar la carrera me atrajo la idea de documentar de alguna forma las técnicas constructivas en el centro histórico de Valencia, ciudad que empecé a conocer durante el año de intercambio académico.[2] Esta histórica, densa trama urbana sujeta a derribos, especulaciones, promociones e intervenciones que de un modo más o menos violento ha ido desprotegiéndose en el tejido urbano ... en aquel momento, había un estudio que me parecía sugestivo e interesante: las fabricas de ladrillo, y más concretamente su empleo en la construcción de edificios en la *ciutat vella*.[3]

¿Y no será obvio estudiar un sistema constructivo como la fábrica de ladrillo?

Pregunta, creo legítima, que surgió al principio, desmentida pero por la vigencia de estos «muros». Íntegros y anónimos a la vez. Una modulación anodina fraguada en un sistema constructivo que se mantiene, perpetuo en la ciudad, a pesar de no tener estudios sistemáticos en el centro histórico de Valencia. Sin duda el ladrillo es uno de los más antiguos materiales empleados en el tejido urbano, uno de los primeros productos creados por el hombre en su esfuerzo por satisfacer sus inmediatas necesidades, la protección frente a las agresiones del medio, apoyándose en los recursos a su alcance. Paradójicamente así, el ladrillo sigue siendo actual, presente y a la vez constante en el construido urbano.

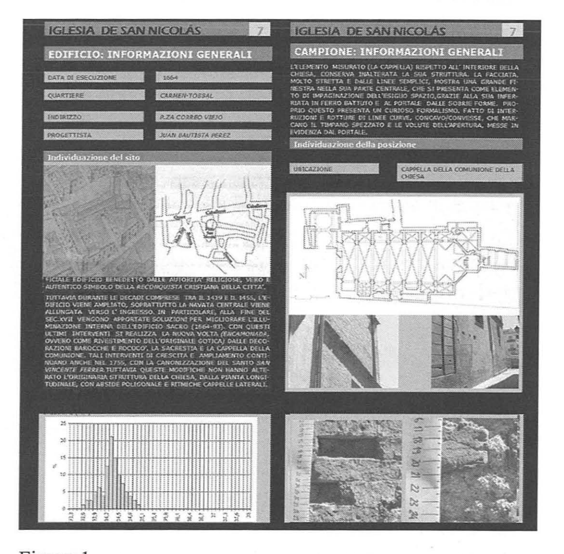


Figura 1
Ejemplos de algunas de las 84 fichas, que se realizaron con la labor de investigación de la autora en el 2005 sobre 21 edificios-muestras. Se establecieron características métricas, de acabado y de detalles de las fábricas analizadas (Cristini 2005)

Por razones naturales este elemento constructivo, bien aplicado en la tapia «valenciana», bien en las fábricas de ladrillo, queda enraizado en la tierra, el clima, la arquitectura que se genera de un modo tan intenso en el Levante. Una mezcla básica de materiales humildes que palpita todavía en el tejido urbano valenciano, olvidada bajo capas de acabados postizos, cada vez más sometida a ingratitud y desinterés. Asimismo, antes de entrar en el desarrollo concreto de las técnicas y de sus acabados, me había parecido importante, realizar, por una parte, un breve repaso histórico del uso del ladrillo en la arquitectura valenciana, desde las primeras muestras conocidas de tapia valenciana hasta su utilización en los albores del siglo XIX (Cristini 2007).

De todo ello surgió la necesidad de realizar un trabajo de investigación sucesivo, que consistió en profundizar una labor hacia la conservación de las fábricas realizadas con ladrillos.[4] Este «segundo episodio» afronta los aspectos técnicos y analíticos de los ladrillos, como las características químicas, físicas, mecánicas en relación a las principales patologías y posibles propuestas de intervención. A partir de los resultados obtenidos con ambas investigaciones, se propone, por lo tanto, sintetizar en este escrito los aspectos más significativos y peculiares que interesan *les rajoles valencianes*, a través del tiempo.[5]

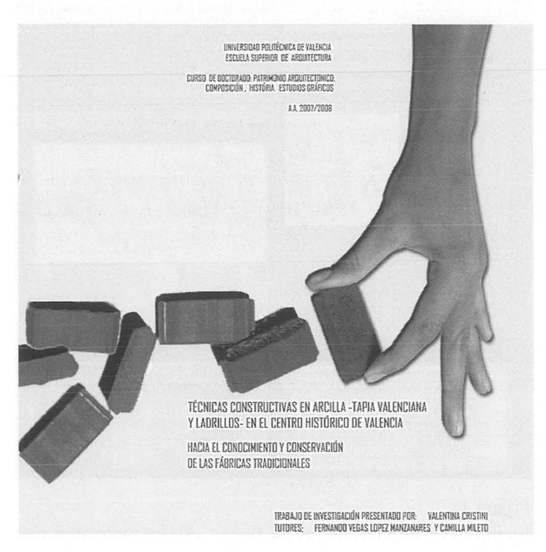


Figura 2
Portada del trabajo de investigación, realizado por la autora, en el marco del curso de doctorado, en la Universidad Politécnica de Valencia (Cristini 2008)

RAJOLES. PIEZAS-TESTIGOS DE LA HISTORIA CONSTRUCTIVA URBANA

Tanto la tapia, como los ladrillos presentan un denominador común, su composición, su materia prima: la arcilla. Sin embargo, aunque se considere este factor, es necesario tener presente el tipo de mortero o, en el caso de la tapia, el tipo de argamasa, cuya unión con el ladrillo es necesaria para garantizar la estabilidad y durabilidad del conjunto. Con estas consideraciones se pretenden analizar las características fundamentales de los ladrillos históricos, bien en las fábricas, bien en forma de refuerzo en los muros monolíticos de *opus caementicium*. Se puede afirmar que se ha vinculado la aparición de muros de tapia (Corominas y Pascual [1982] 2007) o adobe a la tradición tardo-romana, y posteriormente islámica.[6] En los siglos la técnica ha ido perdiendo su pervivencia y asimilación, asociando sus características a una presunta escasez de recursos económicos y/o técnicos en la construcción. Después de la conquista cristiana, la aparición de la tapia, no tanto de tierra, sino como fábrica de hormigón de cal, precursora de la variante regional de la tapia valenciana, se afirma en los primeros siglos de la Alta Edad Media. La conquista islámica de la península ibérica vino a alterar el *status quo* y ofrecer nuevas, sencillas y económicas soluciones constructivas, adaptadas a las condiciones de la arquitectura mediterránea. Siempre la tapia valenciana, como afirma su nombre, se ha considerado como parte de la «familia» de los muros realizados con encofrado, el tapial, pero que no tiene aspectos en común con la técnica constructiva de tapia de tierra, realizada en seco. En la tapia valenciana se consigue, no sólo la necesaria cohesión entre los materiales, en húmedo, para garantizar su resistencia y durabilidad, sino incluso un acabado final permanente que permite su conservación sin los necesarios procesos de mantenimiento periódico. A la vez se confiere a la fábrica una superficie de acabado decorativa y estable: y todo esto se consigue con sólo una y única aplicación del material (Cristini y Ruiz Checa 2009).[7]

¿Cómo se produce este cambio en la historia del empleo de *les rajoles valencianes*? ¿Cómo se verifi-

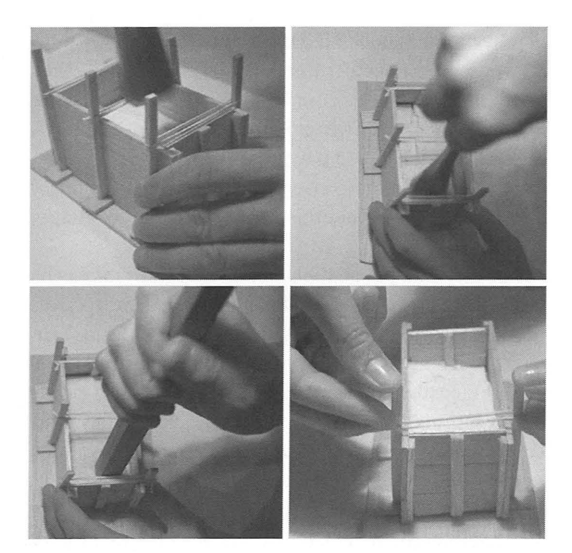


Figura 3
Pruebas de modelización (1:100) de un encofrado con tapia valenciana, realizado en el marco del análisis constructivo de la fábrica (Cristini y Ruiz Checa 2009)

ca la transición desde fábricas CON ladrillos (tapia) a fábricas DE ladrillos (muros aparejados)?

El 9 de abril de 1609, Felipe III decretó la expulsión de los moriscos, descendientes de la población de religión musulmana convertida paulatinamente al cristianismo por la pragmática de los Reyes Católicos del 14 de febrero de 1502. Este proceso produce problemas trasversales debido a la importancia, en algunos estratos de la sociedad. Se decidió empezar por Valencia, en un proceso que implica la expulsión de un 4% de la población activa; aspecto que puede parecer de poca importancia, pero se debe tener en cuenta que parte de la población trabajadora era morisca, pues estos no formaban parte de la nobleza, hidalgos, soldados, sacerdotes ... y de ellos dependían los conocimientos de las técnicas constructivas. Esto supuso una merma en la perdida de sabiduría constructiva, con la consiguiente hibridación de diferentes sistemas constructivos. En la transición entre los siglos XVII-XVIII hay un cambio visible en las fábricas de ladrillo, con una «evolución» desde muros monolíticos con ladrillos (tapia) hasta fábricas aparejadas regularmente con ladrillos. Siglos, que por presentar esta interesante hibridación entre técnicas, han sido objeto del estudio.

Caracterización de las fábricas de ladrillo en el centro histórico de Valencia a lo largo de los siglos XVII-XVIII

La evaluación directa de las técnicas de acabado de estas fábricas permite evidenciar en efecto, una rica variedad de combinaciones, diversificando el uso de cantos, tablas y testas de los ladrillos, justo en los siglos mencionado arriba. Por esta razón el esfuerzo se ha orientado en la búsqueda de factores de discriminación diferentes a los estrictamente dimensionales, que se mantienen bastante constantes a lo largo de muchos siglos.[8] En concreto, el estudio directo de las fábricas ha permitido distinguir afinidades y divergencias en los aparejos y sus técnicas, sintetizados a continuación.

Vinculación entre color y grosor del ladrillo

La primera de estas relaciones muestra cómo ladrillos más bien delgados o de gran esbeltez suelen mostrarse pálidos y descoloridos al mismo tiempo. Este hecho deriva probablemente de la baja tempera-

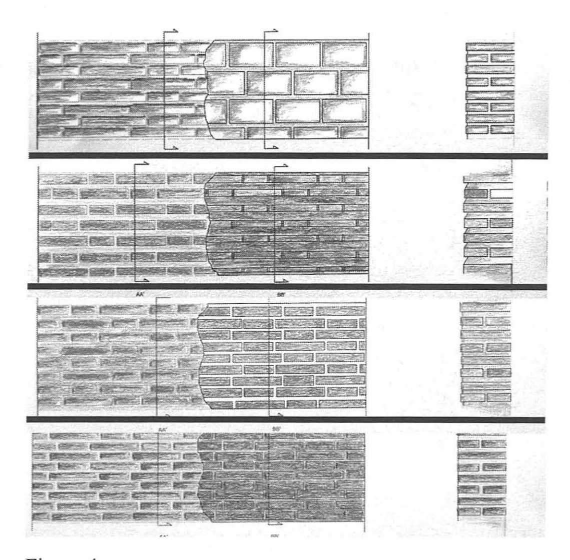


Figura 4
Toma de datos, *in situ*, para reconocer las diferentes fábricas de ladrillo, de los casos de estudio. De arriba a abajo: fábricas enlucidas, con juntas selladas, con ladrillos fingidos y cara vista (Cristini 2007)

tura de cocción en los pequeños hornos de producción artesanal y, sobre todo, del tipo de mezcla, más rica en arena que en arcilla. Este tipo de material puede remitirnos al siglo XVII, proveniente de talleres urbanos que dan testimonio de la recesión económica que caracteriza la situación valenciana, en particular, en la primera parte de este siglo.

Debido a estos factores, estos ladrillos son elementos ligeros, muy porosos, constructivamente poco idóneos para ser dejados vistos. Algunas de sus características (medidas, color, simplicidad de la argamasa) remiten a los ladrillos empleados como refuerzo en las fábricas de tapia valenciana.

Esta continuidad en el empleo del mismo ladrillo en dos técnicas constructivas diferentes, la tapia valenciana y el muro de ladrillo, se puede observar claramente en el Colegio del Patriarca o el Convento del Pilar, en los cuales ambas técnicas se utilizan en una misma fábrica. Este aspecto es muy interesante porque demuestra como existe una total compatibilidad y combinación entre estas dos técnicas, que se mezclan y se influencian en sus respectivas soluciones de acabado.

Por otro lado, se puede observar cómo edificios posteriores, que ya pertenecen a construcciones del siglo XVIII, muestran ladrillos más pardos, compactos, con mayor cantidad de arcilla y óxidos de hierro, que además son gruesos y uniformes.

Vinculación entre color y solución de acabado

El segundo aspecto analizado, relativo a la vinculación existente entre color del ladrillo y técnicas de acabado, refleja el grado de resistencia de los diversos ladrillos a las condiciones atmosféricas. En el siglo XVII, las fábricas pobres caracterizadas por sus espesos tendeles se protegían frente a la penetración del agua mediante la aplicación de sucesivas capas de enlucido. Estos tipos de muros, aparejados con ladrillos esbeltos, de 32–35 mm de grueso y con tendeles de 40–45 mm, no se pueden dejar expuestos a la intemperie, por el riesgo de erosión y alteración del mortero empleado en gran cantidad. Al mismo tiempo, este mortero de aspecto pálido y amasado con arena y arcilla, posee un bajo grado de impermeabilidad.

A menudo en estos casos, las fábricas presentan una técnica de simulación que recuerda el almohadillado. El pigmento que se emplea para reproducir bloques regulares de piedra tosca es la «sombra natural verdosa» (Espejo Muriel 1990), mezcla de ocres que son estables en contacto con la cal, que no se mellan al labrarse y que no viran el color. Las hiladas regulares de piedra se pueden pintar o incidir con paletas o navajas para conseguir sutiles juegos de luz y sombra y enfatizar el efecto característico de un aparejo en piedra.

Por otro lado, el análisis in situ de estas fábricas ha permitido identificar ladrillos de mayor grosor, cuyas propiedades constructivas admiten soluciones de acabado menos opacas, que permiten poner en valor el color intenso de los mismos. En este caso se puede ver como los ladrillos muestran un grosor más marcado, que oscila entre los 40–45 mm. Al mismo tiempo, el aparejo realizado con estos materiales es más uniforme, compacto y visiblemente más regular y agradable que en el caso de los ladrillos más claros y de menor espesor.

Vinculación entre las características de las juntas y el grosor de los ladrillos

El tercer punto fundamental del análisis se ha focalizado en la relación que se puede encontrar entre las juntas de mortero y el grosor de los ladrillos. Existe una clara proporción entre las medidas de los elementos empleados y el tipo de llagas o tendeles visibles en los muros estudiados. Allí donde se encuentran ladrillos esbeltos (entre 30–35 mm de grosor) se pueden esperar tendeles muy marcados (entre 40–45 mm de grosor). Por otro lado, viceversa, allí donde los ladrillos aparejados muestran medidas más grandes y gruesas, se puede detectar la presencia de tendeles de menor espesor, que oscilan entre 20–35 mm de grosor.

Por esta razón, se puede afirmar que existe una proporción inversa entre el espesor de los ladrillos y la medida que caracteriza el uso de mortero. Igualmente, esta relación se detecta también entre las llagas y los tendeles de las fábricas analizadas. Se aprecia como, por ejemplo, las llagas son siempre mucho más esbeltas que los tendeles, sobre todo en el siglo XVII. Se observa cómo estas diferencias van reduciéndose conforme avanza el siglo XVII, durante el cual las juntas se van atenuando hacia un equilibrio entre las medidas de las dos, horizontales y verticales, respectivamente.

Vinculación entre características de las juntas y la solución de acabado

Allí donde existen tendeles gruesos y ladrillos de menor espesor se encuentran técnicas de agramilado para proteger los muros con un sellado final o, por otro lado, con una espesa capa de enlucido. Igualmente, se puede constatar que los tendeles delgados y sutiles presentan soluciones de acabados más diáfanas y transparentes. En estos casos, destacan técnicas como la pintura superficial con ladrillos fingidos o la más simple que deja sólo los ladrillos cara a vista. A continuación, se muestran en detalle las características de estas fábricas.

Solución con ladrillos sellados/cosidos

La primera técnica a destacar es la del sellado, que cubre las juntas de la fábrica con morteros de diversa composición.[9] Este modo de marcar el aparejo permite apreciar las nuevas juntas horizontales sobre las existentes debajo, más o menos con la misma irregularidad que caracterizaba el muro originalmente.[10]

Al mismo tiempo, este sistema garantiza una adherencia perfecta entre la junta de preparación de la fábrica aparejada y su sellado con una función protectora y decorativa. De este modo, se puede observar que en estos tipos de edificios existe un verdadero método de rejuntado en los tendeles pensados para enrasar la fábrica. Esta técnica, se basa en el relleno de las juntas con mortero, empleando inertes finos perfectamente tamizados, para optimizar el nivel de alisado y bruñido del muro.

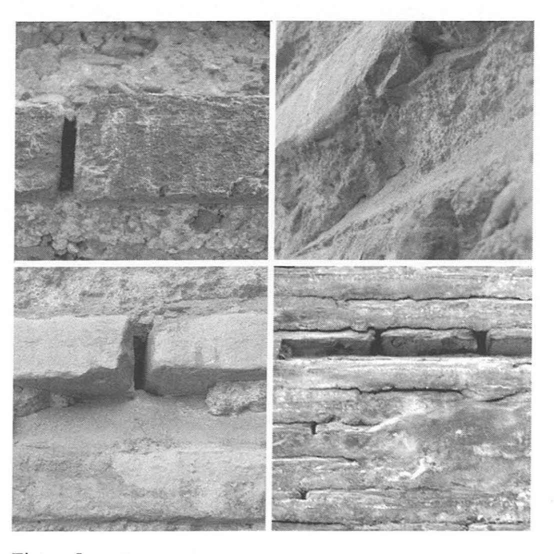


Figura 5
Imágenes explicativas del tipo de sellado de tendeles, sobre juntas estructurales inclinadas (Cristini 2008)

Además, el empleo de este método permite resolver la lentitud de fraguado de la cal empleada. De este modo, el sellado posterior de los tendeles, efectuado sólo con posterioridad al fraguado del mortero del aparejo, permite que todo el proceso de consolidación de la fábrica pueda verificarse correctamente.

El sellado, por otra parte, recubre parcialmente los perfiles de los ladrillos, puntos débiles y de discontinuidad, favoreciendo al mismo tiempo una esmerada protección de los mismos. En esta técnica, la primera junta se realizaba muy inclinada para permitir una buena adherencia entre la capa de mortero de preparación y la de acabado. Así, se permitía ofrecer una mejor superficie de adherencia y contacto entre los dos tendeles. Al final la fábrica aparece uniforme y *cosida*, efecto estético creado por la preponderancia de las juntas horizontales, más gruesas y más marcadas que las verticales. Estas características de acabado se pueden ver en muros que presentan ladrillos con grosores entre 32–41 mm, tendeles de 40–52 mm y llagas de 20–29 mm de espesor.

Solución con ladrillos enlucidos

En este caso, la técnica empleada se basa en la protección de la pared con un revoco, efectuado a base de capas, progresivamente más finas, de pintura a la cal.[11] Las mezclas que se emplean presentan una pasta de cal bien tamizada y apagada, a la que se añaden pigmentos (principalmente ocre) y, a menudo, alumbre.[12] El alumbre es un sulfato particular, soluble en el agua ligeramente calentada, que se solía disolver en la mezcla de cal y pigmentos. Posteriormente, el compuesto se aplicaba en el muro con una brocha ordinaria. La principal propiedad del alumbre, rico en potasio, es su carácter coagulante, útil sobre todo en consideración a las circunstancias difíciles del lento proceso de fraguado de la cal.

Los muros que presentan esta solución de revoco muestran elementos constructivos bastante irregulares,

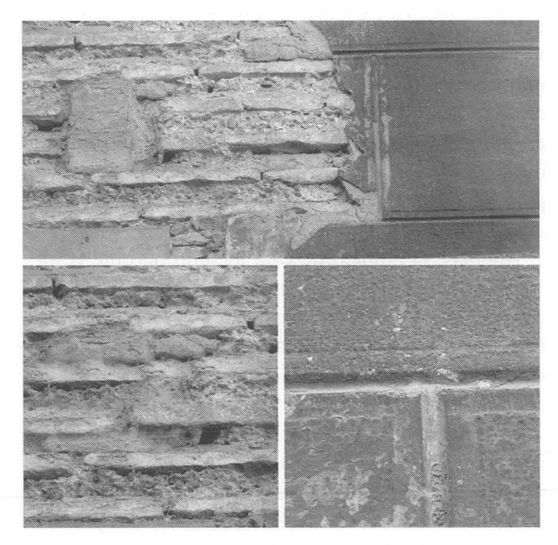


Figura 6
Imágenes explicativas de fábricas «pobres» enlucidas. (Cristini 2008)

con medidas entre 32–42 mm de grueso y 25–48 mm para los tendeles y 5–17 mm para las llagas. Además, la mayoría de los ladrillos empleados muestra un color muy claro, que evidencia los materiales pobres de la mezcla.

Como se ha observado previamente, estas técnicas de acabado son sustituidas por otros sistemas de revoco, sobre todo, en el siglo XVIII, aplicados a una nueva «generación» de ladrillos, ya más uniformes y regulares.

Solución con ladrillos fingidos

Resulta bastante difícil encontrar casos de fingidos que no muestren hoy en día intervenciones o recientes alteraciones.[13] No obstante, el análisis directo de los muros, combinado con la documentación histórica relativa a las técnicas tradicionales de revocos, ha permitido arrojar luz sobre cuándo y por qué se emplea esta solución de decoración.

El fingido es un revoco que reproduce una fábrica aparejada de ladrillo, merced a una nueva trama, pintada, que simula una pared más regular. Se trata de un tratamiento mate, una técnica intermedia entre el empleo del enlucido o una simple lechada de cal. Se encuentra en fábricas que muestran ladrillos de buena calidad, muchas veces con porciones de mampostería en piedra de *Godella*, con la cual el muro presenta un intenso juego cromático de contraste entre el blanco-miel y el rojizo.

Las medidas son de 40–45 mm de grueso para los ladrillos, y en el caso de las juntas, 20–25 mm para las llagas y 30–37 mm para los tendeles. Es curioso observar, todavía, cómo los dos aparejos, el real y el fingido pintado arriba, no se superponen. Esta circunstancia se puede explicar de la siguiente manera: por un lado, los ladrillos pintados son más grandes que los ladrillos reales, al mismo tiempo que las juntas fingidas son de menor espesor que las juntas constructivas de mortero. Respecto a la técnica de rejuntado, que marca los tendeles, la pintura regular de las dos juntas no crea una clara jerarquía. Por esta razón, la fábrica presenta muros llagueados, con juntas iguales, en las cuales el juego cromático y geométrico es posible, gracias al contraste entre la almagra y la cal (Garate Rojas 2000).

El primero es un pigmento rojo sangre muy duro, mucho más compatible con la cal que los minios o los cinabrios y, al mismo tiempo, más conocido antiguamente como simple derivado de los óxidos de hierro

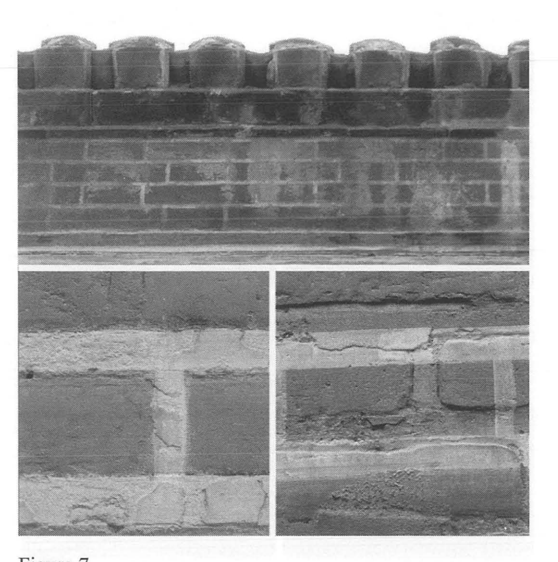


Figura 7
Imágenes explicativas de fábricas con ladrillos fingidos, merced a un revoco a base de almagra, como capa de acabado (Cristini 2008)

(Gallego, I. 1996). Se llama también albín y, en Valencia, este pigmento proporciona el color carmesí obscuro, se solía sacar en las piedras de las minas de cobre, procedentes de Jaén. La almagra, mezclada con la pintura a la cal, se empleaba para enlucir, con una ligera «sábana», la pared aparejada. El color de los ladrillos, gracias a este acabado, podía ser revitalizado e intensificado, con el tono más brillante de los óxidos. Al mismo tiempo, la trama regular, realizada con cal blanca o ligeramente amarilleada, garantizaba un aparejo muy homogéneo y estéticamente agradable. Por otra parte, este gusto venía perfectamente justificado por las ideas y las reglas academicistas, cuyas orígenes se relacionan con la Ilustración y los primeros estatutos reformadores aprobados en 1744–1752 por el Rey Felipe III. Acontecimientos que también coinciden con la fundación en Madrid de la Real Academia de las Tres Nobles Artes de San Fernando, y en Valencia, pocos años después, en 1766, con la puesta en marcha de la Academia de San Carlos.

Además, las juntas pintadas se podían realizar ligeramente en relieve, resaltando algunos milímetros de la superficie del muro para garantizar un mayor resalte de las hiladas uniformes de ladrillo. El detalle de cuidar la solución específica de las juntas permite comprender el interés por la regularización generalizada de los muros, que no se limitaba a los elementos constructivos.

Al mismo tiempo, la difusión de herramientas empleadas en los trazados pintados, como es el caso de reglas y llanas, permite entender la búsqueda precisa de soluciones específicas para las juntas. Esta técnica que aspira a controlar el resultado técnico y estético global de las fábricas se confirma como evolución madura del simple rejuntado que se empleaba en el siglo XVII.

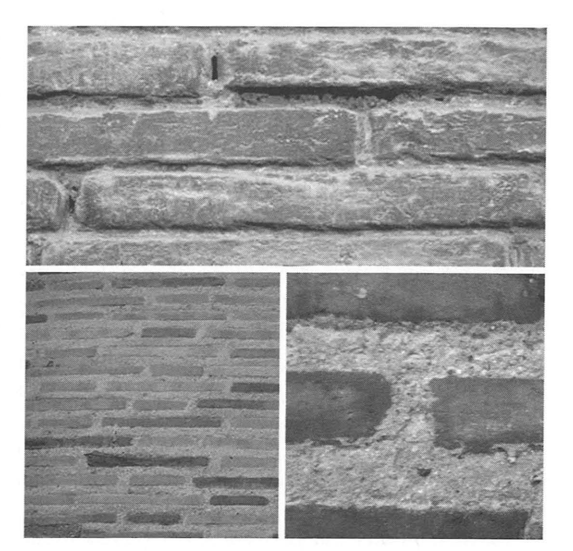


Figura 8
Imágenes explicativas de fábricas con ladrillos dejados vistos debido a su uniformidad, resistencia, buena cocción (Cristini 2008)

Solución cara a vista

Los ladrillos que pertenecen a producciones regulares,[14] bien cocidos, característicos ya de talleres más grandes y controlados, empiezan a dejarse cara a vista.[15] En este sentido se puede observar que la calidad misma de los elementos constructivos permite una solución de acabado que no precisa enlucidos o protección particular.

La gran cantidad de arcilla empleada en las mezclas, visible por el color más pardo y intenso de los óxidos de hierro, garantizaba ya una buena impermeabilidad a los muros. Además, el empleo de ladrillos cara a vista es posible gracias a la reducción dimensional de llagas y tendeles, no tan anchos como sucedía en el siglo XVII, para ahorrar hiladas de ladrillos. La economía de la ciudad en el siglo XVIII se encuentra en auge creciente, gracias a la general recuperación económica que se verifica con Fernando VI y Carlos III, reyes que comulgan con el despotismo ilustrado de la política de matriz centroeuropea. Entre otras consecuencias esto mejora la calidad de las construcciones y de las instituciones que se ocupan de la «belleza» y el «decoro urbano». Destaca la presencia de entidades urbanas como la *Academia de la Matemática* (1738) y la conocida *Real Academia de Bellas Artes* (1770).

La producción, mucho más controlada permite el empleo de ladrillos bastante gruesos, de 40 mm de grosor, que son muy resistentes y no necesitan tendeles superiores a 22–34 mm y llagas de 15–22 mm.

Los muros se protegían ligeramente con lechadas de cal muy transparentes aplicadas repetidamente en capas sucesivas, que garantizaban un progresivo proceso de consolidación (Albareda 1998).

Estas mezclas se realizaban normalmente con 15 partes de arena tamizada fina, 5 partes de cal apagada, 2,5 partes de alumbre y 7,5 partes de agua, aproximadamente (Garate Rojas 2000).

Conclusiones

La complejidad y variedad de los acabados, de las fábricas CON ladrillo/ DE ladrillo, son evidencias claras y visibles de datos materiales únicos en el tejido urbano. Por esta razón esas construcciones necesitan atención y conservación, sin censuras, de naturaleza historiográfica o estética. No obstante son pieles que se repintan, enfoscan, recubren ... poseen un mérito no sólo cromático y escenográfico urbano, sino una dignidad constructiva propia.

No se trata de *panhistoricismo*, como acusan muchas críticas a la conservación; sino simplemente de la conciencia de que muchos fragmentos del tejido constructivo de la *ciutat vella* pueden ser testigo de un aspecto preciso, único y insustituible de la memoria construida (Mileto, Vegas y Cristini 2007).

Este estudio se asienta sobre la convicción de que hay unas superficies, en la arquitectura, que no representan, en modo alguno, partes accesorias o secundarias, sino que se trata de unos auténticos testigos de carácter antropológico, social, históricos, cuyo desconocimiento y abandono representa una pérdida insustituible del carácter que pertenece a unas fábricas históricas. Olvidadas, medianeras, derribadas, estas fábricas no han brillado nunca entre las estrellas de patrimonio urbano, pero tampoco han causado problemas, por sus prestaciones.

¿Por qué proteger algo que no tiene problemas estructurales, constructivos, y que no tiene «aparentemente» interés, calidad, valor? ¿Por qué interesarse en estos muros? Es bastante llamativo que nadie se proponga tutelar y legislar el reconocimiento de estas fábricas como bienes culturales.

Pero lo son, a pesar de su reconocimiento. Por esta razón el estudio no se considera completo y acabado, al revés se trata de un proceso de análisis del construido en plena actividad y con una línea de investigación de la autora todavía abierta. Las fábricas atesoran una capacidad constructiva impresionante, valorada y avalada justo por su buena salud a lo largo de los siglos (recuerdo que trata de fábricas que tienen entre 300/400 años). Son dignas, sencillas y fuertes, marcadas por un gusto estético atemporal, regular y «perfectamente imperfecto», viendo en ellas el paso del tiempo y como éste altera su geometría. Otro problema es que son fábricas-lienzos. Su neutralidad, capacidad y facilidad de ser trasformadas sin duda contribuye a su pérdida. Paradójicamente la culpabilidad de la pérdida de estos «documentos» construidos, es debida a la buena calidad de las mismas fábricas. Simplemente reconocidas históricamente como «viejas», han sido sometidas al juicio individualista de técnicos que se han enfrentado a ellas en ausencia de documentación y, aún peor, que las han alterado guiados por incauto desinterés.

Notas

1. Feiffer, C. 1997. *La conservazione delle superfici intonacate, il metodo e le tecniche*. Milano: Skira. 1: 12. (Trad. «Conservar una superficie de acabado en un paramento murario significa SELECCIONAR solo cuando lo exijan razones imprescindibles, cuando la imposibilidad constructiva lo renda inevitable, puesto que cada reproducción no será nada más que una parcial y falaz substitución de lo que se ha perdido).
2. Cristini. 2005. Este trabajo ha sido realizado por la Autora con la finalidad de obtener la titulación en Arquitectura Superior.
3. En orden cronológico de construcción en el Proyecto final de Carrera de la autora se habían estudiado los siguientes edificios: Iglesia del Patriarca (alzado lateral); Iglesia de los Santos Juanes (fachada de la Capilla de la Comunión y muro con nicho en la nave lateral); Iglesia de Santa Úrsula (fachada principal); Iglesia de la Virgen de los Desamparados (tambor); Catedral (alzados de la Sacristía); Iglesia de San Nicolás (alzado de la capilla lateral); Iglesia del Carmen (fachada Capilla Nuestra Señora del Carmen y muro entre la fachada de la Iglesia y el campanario); Iglesia de San Martín (alzado lateral de la Capilla de la Comunión); Convento del Pilar (fachada principal); Iglesia de San Esteban (alzado de la Capilla de la Comunión); Iglesia de San Tomás y Felipe Neri (alzado lateral); Palacio Pineda (fachada principal); Iglesia de San Andrés (alzado lateral); Palacio de los Catalá (fachada lateral); Palacio Cerveró (fachada principal); Palacio de la Aduana (fachada principal); Iglesia de los Genoveses (fachada principal); Iglesia de las Escuelas Pías (fachada principal); Casa Vestuario (fachada principal). Se habían elegido estos casos porqué la documentación sobre las fases constructivas y las fechas temporales estaban documentadas.

4. Cristini 2008. Este trabajo ha sido realizado por la Autora con la finalidad de obtener el Diploma de Estudios Avanzados, DEA.
5. «En valenciano se designan con el nombre genérico de *rajoles*, tanto los ladrillos para la construcción de paredes como los grandes tableros de barro cocido para los pisos como los azulejos decorados. La parola *rajola* aparece con numerosos calificativos, *grans, xiques, dobles, primes, de mollura, blanques, pintades, de paviment rosada, vernisadades*, ... ver a continuación las siguientes variantes: *rajola aspra*, ladrillo para pavimentación, *rajola buydada*, ladrillo vaciado con molde, *rajola esmolada*, ladrillo afilado con una piedra esmoladóra, piedra arenisca o asperón, *rajoleta*, azulejo decorado» (Gómez Ferrer 2002, 202).
6. El término *tapia* se recoge por la primera vez en 1247, documento del fuero de Huesca. Derivado de tapia que es palabra muy antigua de origen incierto, común a los tres romances hispánicos y a la lengua de occidente y probable onomatopeya del apisonamiento. Plinio el Viejo, en su *Historia Natural*, dice que las *formacei parietes* (paredes ejecutadas con moldes u hormas) son algo típico de Hispania. En el siglo X Ibn-Hawqal describe varias cercas de ciudades berberes como algo típico de España, con el término *tábyia*, que también aparece citado por Al-ldrisi (siglo XII), Ibn-Adari (siglo XII) y en documentos arábigo-toledanos. De la descripción concreta de la técnica posteriormente tenemos descripciones de Fray Lorenzo de san Nicolás (*Arte y Uso de la Albañilería*) y en el siglo XVIII-XIX de Juan de Villanueva (*Arte de Albañilería*) según estudiosos (Corominas y Pascual [1982] 2007).
7. La Autora en colaboración con Ruiz Checa J. R. (Profesor del Dep. de Construcciones Arquitectónicas de la ETSAV de Valencia) está realizando estudios sobre el comportamiento mecánico y estructural de los ladrillos de refuerzo en la tapia valenciana (Cristini y Ruiz Checa 2009).
8. En el presente extracto de la investigación no se profundiza el análisis mensiocronológico de los ladrillos; véase Cristini, V. 2008. «Estudio de las fábricas de ladrillo en Valencia: análisis mensiocronológico y técnicas de acabado (S. XVII-XVIII)». En *Arqueología de la Arquitectura,* 5, Vitoria: Universidad del Pais Vasco - CSIC Ediciones.
9. Se han tomado muestras, para evaluar el tipo de composición que caracteriza tanto el mortero de construcción del muro como el de sellado del mismo. La Difracción de Rayos X fue realizada por el l Departamento de Mineralogía y Petrología de la Universidad de Granada. En este análisis se obtienen los porcentajes relativos de unas especies minerales con respecto a otras, asumiéndose un margen de error de ±5% en todos los casos. Se confirma la composición básica de un mortero con árido dominado por material silicato (cuarzo), con cantidades menores de feldespatos. En la muestra correspondiente al mortero de sellado, se detecta la presencia minoritaria de yeso. En la muestra correspondiente al mortero estructural de la fábrica, se detecta una proporción árido/aglomerante cercana a 1/1.
10. Este acabado por ejemplo caracteriza algunos casos de estudio como: el alzado lateral de la Iglesia del Patriarca, los muros de la Capilla de la Comunión de la Iglesia de los Santos Juanes, los muros de la Capilla de la Iglesia de San Nicolás, los muros laterales de las naves de la Iglesia de San Andrés. Las fábricas de la Iglesia de Santa Úrsula y de la Iglesia de los Genoveses muestran todavía esta técnica, aunque hayan sufrido modificaciones, después del análisis efectuada en el 2005. Por esta razón, es posible observar que las medidas de las juntas se corresponden todavía con el antiguo sellado de la junta en cal, aunque en la actualidad hayan sido sustituidas por reparaciones.
11. Algunos casos que muestran este tipo de acabado son por ejemplo la Capilla de Nuestra Señora del Carmen en la Iglesia del Carmen, los muros del Convento del Pilar, las fábricas en la Capilla de la Iglesia de San Esteban, las fachadas del Palacio Cerveró.
12. La cantidad óptima que se añade a la mezcla de cal es de 1 kg de alumbre cada 25 litros de agua. (Gárate Rojas 2000).
13. Algunos ejemplos como: la Iglesia de San Tomás y Felipe Neri (fachada con solución fingida reintegrada en 1903); Iglesia de las Escuelas Pías (restauración de la fachada y reintegración del fingido en los años 1994–95); Palacio de la Aduana (intervención general de rehabilitación en los años 1996–1997).
14. Para mayor detalle se pueden ver los informes de las actuaciones arqueológicas del SIAM, Servicio Arqueológico Municipal de la Ciudad de Valencia como: Martí y Pascual. 1995. También, no publicados, Guerin, P. 1997, *Informe de la intervención arqueologíca en Calle Mesón de Morella de Valencia*. Serrano, M.L. 1995, *Informe de la actuación arqueológica realizada en los n. 9 y 11 de la Calle Corona de Valencia.*
15. Son los casos, muchas veces tratados posteriormente con lechadas de cal, como por ejemplo: el nicho en la nave lateral de la Iglesia de los Santos Juanes, los muros de la Sacristía de la Catedral, la Capilla de la Iglesia de San Martín, el Palacio Pineda y la Casa Vestuario. (Aunque los últimos dos restaurados en los años 90 del último siglo).

Lista de referencias

AA. VV. 1999. *Actas del Congreso Internacional sobre la restauración de los ladrillos*, León: IEA Ediciones.

Albareda, D. 1998. *Revestimientos continuos en la arquitectura tradicional española*, Madrid: Ministerio de Obras Públicas y transportes Ediciones.

Corominas, J.; Pascual, A. [1982] 2007. *Diccionario Crítico Etimológico Castellano y Hispano*, Madrid: Ed. Grados.

Cristini, V. 2005. *Valencia, ciudad vella, ladrillos cara a vista, agramilados, fingidos y enlucidos. Analisi delle murature in laterizio: prassi costruttiva ed evoluzione archeometrica*; Tutores: Bellini A., Mileto C., Pertot G., Politecnico di Milano, sin editar.

Cristini, V. 2007. «Valencia, ciutat vella, huellas de artesanía constructiva en fábricas tradicionales de ladrillo»: San Juan de Puertorico poster presentado en *Meeting APT-Puertorico-San Juan 2007.*

Cristini, V. 2008. *Técnicas constructivas en arcilla —tapia valenciana y ladrillos— en el centro histórico de Valencia*, Trabajo de investigación en el marco del Curso de Doctorado en Patrimonio Arquitectónico, Composición, historia, estudios gráficos Tutores: Vegas López-Manzanares & Camilla Mileto, Universidad Politécnica de Valencia, sin editar.

Cristini, V.; Ruiz Checa, J.R. 2009, «A traditional reinforced rammed lime & earth tecnique: the case of study of *tapia valenciana»*, en actas de *Concrete 2009, evoluzione tecnologica del calcestruzzo, Tradizione, attualitá, prospettive*, Termoli: Universita' degli studi del Molise, Universidad de la Repubblica de Uruguay, Torroja.

Espejo Muriel, M. 1990. *Los nombres de los colores en español: estudio de lexicología estructural*, Granada: Universidad de Granada Ediciones.

Gallego, I. 1996. *El color en la arquitectura nazarí*, Granada: Universidad de Granada Ediciones.

Gárate Rojas, I. 2000. *Artes de la Cal*, Madrid: MRRP; Universidad de Alcalá de Henares Ediciones.

Gómez Ferrer, M. 2002. *Siglos XV al XVII, Vocabulario de arquitectura valenciana*, Valencia: Ayuntamient de València Ediciones.

Martí, J.; Pascual J.1995 «Arqueología y proyecto urbano. Nuevas aportaciones para el conocimiento de la ciudad de Valencia». En *Boletín de Arqueología Medieval,* 9, Valencia: SIAM Ediciones.

Mileto, C.; Vegas, F.; Cristini, V. 2007. «Knowledge of traditional building methods to safeguard and preserve them.Evolution of masonry tecniques in Valencia City» en Actas del *10Th North American Masonry Conference*: San Louis, Missouri.

Construir una «quimera»: el ensamblaje y el acabado superficial del *Baldacchino* de Gian Lorenzo Bernini en la Basílica de San Pedro en el Vaticano

Maria Grazia D'Amelio

Sobre el *Baldacchino* de San Pedro (1624–1633) ya se han escrito páginas muy actualizadas sobre el comitente, la iconología, la correspondencia proporcional entre las columnas salomónicas y el orden colosal de la Basílica, sobre la técnica de fusión asociada y derivada de la producción de armas de fuego (Fagiolo-Fagiolo dell'Arco 1967, 53–56; Thelen 1967a y 1967b I: 79–85; Lavin 1968; Kauffmann 1970, 85–108; Lavin 1984; Kirwin 1981; Kirwin 1983; Schütze 1994; Marder 1997, 82–105; Kirwin 1997; Bauer 1998; Tuzi 2002, 179–204; Dombrowski 2003). En tiempos más recientes la historiografía ha re-examinado el aporte de diseño de Francesco Borromini, ha aclarado la cuestión sobre el bronce substraído al Pantheon para su realización y determinado en que medida Gian Lorenzo Bernini fue influenciado por el límite físico de la tumba de San Pedro para la definición de la planta del *Baldacchino* (D'Amelio 2005; Connors 2006; Spagnolo 2006; Portoghesi 2007; Lavin 2008; Rice 2008a; Rice 2008b).

Quedan por aclarar otros aspectos del *Baldacchino,* entre ellos, las decisiones de diseño para el acabado de superficie y la textura real de sus materiales; de hecho, el *Baldacchino* es descrito en la literatura (salvo raras excepciones, Gigli [1608–1644] 1994, I: 235–236) como un gran marco de bronce y no de múltiples materiales como es en realidad. Una observación que puede parecer insustancial: cualquiera que observe el Baldacchino puede apreciar que las columnas torneadas de bronce (de radio 0,65 m) están apoyadas sobre altos pedestales (más o menos 2,60 m) en piedra tallada; siendo los pedestales precisamente los que definen un espacio —más amplio con respecto a la subyacente sepultura de San Pedro (ubicada al mismo nivel de la necrópolis Vaticana)— dentro del cual se encuentra una escalera marmórea,



Figura 1
Città del Vaticano, San Pedro, *Baldacchino*

también rediseñada por Bernini para elevar el altar papal a un mayor nivel, volviéndolo así más visible desde la nave central de la Basílica.[1]

En realidad, la diversidad de materiales (la *polimatericità*) que se quiere evidenciar en este ensayo se refiere a la entera estructura vertical, la cual está constituida por materiales no homogéneos como el bronce, el hormigón, la madera, el hierro, el plomo, el cobre y el oro puro (figura 1). De que manera estos materiales fueron utilizados y magistralmente trabajados para simular una obra que aparenta el bronce, a pesar de que no lo es, representa la pregunta que motiva este estudio.[2]

Resumiendo drásticamente la cuestión, Urbano VIII Barberini y Bernini (coadyuvado por Borromini, Pietro y Luigi Bernini, solo por citar algunos) conjuntamente trabajan en la definición del diseño, cuya elaboración inicia con un concurso público en junio de 1624 y termina sólo hasta 1631 (Spagnolo 2000). El papa, en efecto, no solamente promueve el proyecto sino que sigue constantemente su desarrollo tomando decisiones fundamentales con respecto a la imagen del *Baldacchino*.

No se conoce el documento del concurso, pero se conoce el primer diseño aprobado gracias a una medalla acuñada en 1626 y a una célebre incisión de Ieronimo Frezza (Bonanni 1696, tab. 50): el *Baldacchino* está ilustrado con cuatro columnas de esquina caracterizadas por ángeles apicales y vinculadas por cuatro semicírculos que convergen hacia una placa en la cumbre («piastra sommitale»), sobre la cual se eleva una estatua de Cristo «reggistendardo» de más o menos 4 metros de altura.[3] La cobertura del *Baldacchino* —el así llamado «cielo» y sus «lambrecchini»— está colgada a la placa y se encuentra completamente independiente de las columnas, pero estabilizada en las esquinas por medio de cintas de seda, en realidad mediante elementos metálicos sólidos modelados como si fuesen de tela en poder de los cuatro grandes ángeles que presidían tanto el altar como el sepulcro de los Apóstoles (figura 2).

Este proyecto es válido hasta 1631, año en el que se llega a la solución final. En esta solución inevitablemente se toman los compromisos de la construcción: un grabado de Alessandro Specchi muestra las columnas desde cada cual se elevan una terna de costillas a «dorso de delfín» que llegan a la placa (Bonanni 1696, tab. 49). La cobertura del *Baldacchino*, con sus ornamentos, «pendoni e nappe» ahora parece apretada entre los troncos del entablamento y las mismas columnas, por lo tanto, anulan la evidente distinción entre los elementos estructurales que sustentan y los sustentados del primer proyecto (figura 3).



Figura 2
Baldacchino con la estatua del Cristo «Reggistendardo» (Bonanni, F. 1696, tabla 50)

Esta simplificación del más complejo proceso de diseño, corresponde a dos períodos de la construcción identificables cronológicamente: el primero (1624–1627) se refiere a los trabajos de las fundaciones y de la elevacion de las columnas en bronce. Entre 1628 y 1633, se encuentra la fase final de trabajo con el cambio radical del coronamiento y el abandono de la idea de la estatua de Cristo en favor de una más convencional, pero menos arriesgada estructuralmente con la sobreposición de un globo y de la Cruz, símbolos del poder espiritual y temporal de los papas.



Figura 3
Baldacchino con el globo y la cruz (Bonanni, F. 1696, tabla 49)

En los dos períodos de la construcción se utilizan técnicas y tecnologías influenciadas por la naturaleza de los materiales naturales puestos en una obra realizada —para usar un lenguaje técnico— en la primera fase, predominantemente «húmeda» y en la segunda exclusivamente en «seco».

Para demostrar lo anteriormente dicho, es suficiente examinar la vasta documentación administrativa, en parte publicada por Oskar Pollak, a saber: el trabajo comienza (30 de junio de 1624) con la cimentación de los pedestales realizadas procediendo hacia abajo desde la zona de la Confesión para dejar intacto el piso de la Basílica (Pollak 1931, II: 327–421);[4] en los pozos excavados y apuntalados, la cimentación es de tipo «ciclópeo», vale decir, con hormigón (concreto) lanzado mezclado con piedras gradualmente mampuestas.[5] En el nivel de la Basílica, los pedestales se constituyen por un alma en travertino, enchapados con losetas de mármol blanco de Carrara con un espejo de alabastro «cotognino», a los que son sobrepuestos los heráldicos escudos papal refinadamente tallados por Francesco Borromini y Agostino Radi.[6]

Al mismo tiempo, se instalan dos fundiciones para producir los primeros componentes de el *Baldacchino*;[7] inicialmente se prevé la fusión de 20 piezas de las cuatro columnas (base, 3 piezas para el fuste de altura 3,20 m y el capitel para cada una de ellas), utilizando la técnica de la cera perdida con el método indirecto que permite fundir elementos huecos y que tiene la ventaja de preservar los ejemplares originales para las copias siguientes. Remitiéndose a estudios especializados (en primer lugar, Kirwin 1997) y sintetizando, el procedimiento consiste en la definición de un modelo y en realizar con las contraformas —divididas en dos partes reunibles— su marca negativa en el modelo de yeso en el cual se modelan las hojas de cera con los detalles de la obra terminada. Estas hojas tienen un espesor igual al del tabique de bronce que se ha programado construir.

La forma negativa con la capa de cera es, preliminarmente, montada sobre un soporte y, a continuación, se rellena con un material refractario (el alma de fisión), es decir, una mezcla semilíquida de tierra de fusión (el «luto»). A este punto, el molde de yeso se separa de la capa de cera modelada, y se pegan varillas cilíndricas de cera para crear los canales de colado y los «sfiatatoi»; estos canales facilitan el llenado del molde, eliminando el aire producido durante la fusión, y la salida de la cera fundida. La operación prosigue con la aplicación sobre la cera modelada —mediante el uso de un cepillo— de aproximadamente dos cm de «luto» (llamada camisa o encamisado), disuelto con el agua para una mejor adherencia a la superficie y luego se continúa con la aplicación de sucesivas capas del mismo material del alma de fusión (manto o capa), reforzado con alambre de hierro o fajadura (cinturón) de hierro a fin de limitar el empuje durante la fusión de bronce.

El nuevo molde —constituido por una capa de «luto» exterior y el alma de fusión interior con la interposición de la cera modelada— situado cerca el calor del fuego deja salir desde los «scolatoi» la mis-

ma cera creando el vacío que es llenado por el bronce fundido vertido canales de fusión (Rush 1997, figura 145). Es evidente que al final de la operación las piezas están todavía en bruto (con los canales y los «sfiatatoi» conectados y con las imperfecciones del colado) y requieren un acabado superficial practicado con sierras, cinceles, limas y abrasivos para un mejor pulido y efecto.[8] Son los mismos fundidores, Gregorio de Rossi, Francesco Beltramelli, Ambrosio Lucenti e Inocenzo Albertini, los obligados a «tagliare, e spianare i getti, turare i buchi tanto de' chiodi, quanto de' stracci, ò crepature, che vi fossero, levare la terra (di fusione ndr) mettere insieme i capitelli avanti, e dopo che saranno indorati, aggiustare i pezzi di colonna l'uno sopra l'altro».[9]

Este último paso es especialmente importante porque los elementos —que son huecos— no son perfectamente calibrados, lo que significa que en la sobreposición (empezada en enero de 1627) los elementos deben ser perfectamente colocados en plano e incluso utilizando espesores cuneiformes, que en Roma se llaman «zeppe», que aún son visibles en algunas columnas. También puede ser probable que la armadura del alma de fusión se utilice para sobreponer las piezas con respecto a un elemento de hierro vertical, al que luego son soldadas con plomo fundido.[10] Por otra parte, las cinco piezas de cada columna se han estabilizado por un chorro de conglomerado que llenando las cavidades ha aprisionado tanto la armadura como el elemento vertical de hierro.

Por lo tanto, los elementos huecos de bronce pueden ser concebidos o equipararse a artísticos moldes «a perdere». En Roma, también existía el precedente del *fastigium Constantiniano* de San Giovanni in Laterano que, en 1597, fue utilizado por el arquitecto Pier Paolo Olivieri en el nuevo altar del SS. Sacramento (Nilgen 1977; Liverani 1992–1993; Sannibale 1992–1993); en aquella ocasión Olivieri había utilizado lo que quedaba del *fastigium* de bronce —de los cuatro fustes huecos (7 m de altura con un diámetro de 0,87 m) con las bases y un sólo capitel— mientras que el fundidor Orazio Censore restauraba los elementos y fundía los tres capiteles faltantes distinguibles de los originales por la evidente heráldica del comitente Clemente VIII Aldobrandini. Para conectar los elementos y para descargar el peso de la estructura directamente sobre las cimentaciones, Olivieri había llenado base-fuste-capitel con el conglomerado y les había insertado una «anima di pietra» (Corbo 1985, 122, 182, 228).

Volviendo al *Baldacchino* de San Pedro, la instalación de las columnas termina antes del 29 de junio 1627 cuando, coincidiendo con la festividad de los Santos Pedro y Pablo, las «quattro grosse et bellissime Colonne fatte nuovamente di bronzo indorate» se descubrieron a pesar de que todavía se debía «porre la Cuppola et altri hornamenti pur di bronzo per adhornamento» (Pollak 1931, II, 344–345).

La «Cuppola» tratada en el documento se refiere al coronamiento, pero todavía configurado con los arcos cruzados como se muestra en un dibujo atribuido a Agostino Ciampelli, custodiado a New York, en la The Pierpont Morgan Library (figura 4); así que al final de 1627, sobre las columnas en bronce, se coloca un modelo de madera, en escala 1 a 1, completado por las estatuas en pasta de papel de los ángeles (Salerno 2008).[11]

El modelo incluye «cornisa, arcos, bases u otros adornos» y, según el contrato de fecha 14 de febrero de 1628, Bernini se compromete a colar en bronce antes de agosto de 1631; por lo tanto, antes de esta fecha, todas las estatuas y todos los elementos arquitectónicos aún faltantes, están todavía pensados o imaginados en un material homogéneo en relación con lo que ya se ha ejecutado hasta entonces.[12]

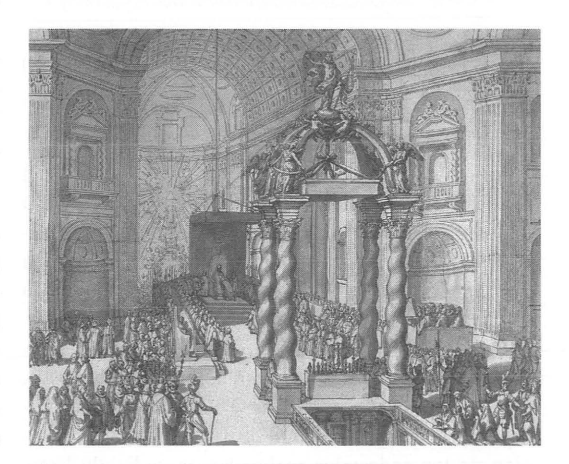


Figura 4
El crucero de San Pedro con el *Baldacchino*, primer diseño (New York, The Pierpont Morgan Library, Purchased on the Fellows Found, Acc.no 1969.12)

Tanto es así que, en el mismo año, inicia la modelación de los cuatro ángeles apicales, cuya fusión del cuerpo y de las alas se completa a principios de 1633 (Pollak 1931, II, 353–363), mientras tanto en los documentos no hay rastro de la elaboración de otros componentes, sino hasta 1631, cuando se realizan los pagos a Francesco Borromini (Schütze 2000a) por los planos de los troncos de entablamento que se deben elevar sobre los cuatro capiteles a fundir en bronce (figura 5).[13]

La obra está al parecer detenida, hasta abril de 1631, cuando se desmantela el modelo del coronamiento y se instala un segundo «modello grande» en madera, también a escala 1 a 1, con una solución diferente para el coronamiento «bulbiforme» (Brauer Wittkower 1931, 20–23). La historiografía es de la opinión que, hasta la fecha, el Cristo «reggistendardo» se retira por motivos de carácter icnográfico (Lavín 1968; Schütze 1994, 226–228) y por obvias dificultades estáticas (Kummer 1990) considerando una clara indicación dada por Filippo Bonanni «[cum] e nimis aeris pondere subjectas columnas laxari posse timeretur, aliam formam ... Bernini escogitavit» (Bonanni 1686, 130).[14]

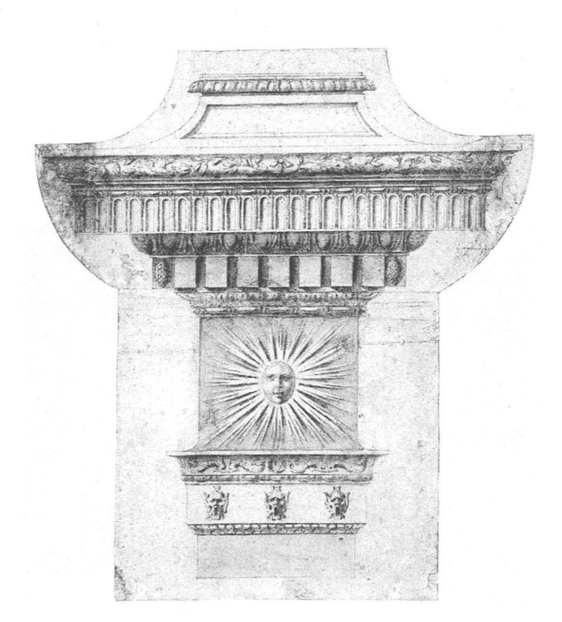


Figura 5
Dibujo del entablamento para el *Baldacchino* de San Pedro (Windsor Castle, Royal Library, n. 5636)

Sin embargo, examinando las cuentas de la fábrica y bajo la observación del objeto puede surgir una duda; de hecho, en el horno, en enero de 1633 (es decir, cinco meses antes de la consagración del *Baldacchino*), todavía, se trabaja en la fusión del Cristo.[15] Además, las medidas de la placa de conexión en la cumbre, que conecta las cuatro volutas a «schiena di delfino», aparecen muy sobredimensionadas en comparación con los superadyacentes globo y cruz, tanto para hacer pensar en una conclusión de repliego. Entre otras cosas, en las cuentas no hay rastro de la producción de una «diadema del crocefisso» que probablemente tenía que completar la cruz apicale.[16]

Ciertamente, el problema estructural debe haber sido decisivo para la elección (Bonanni 1696, 130); en efecto, el peso concentrado de la estatua de Cristo (en proporción a los ángeles se puede estimar en unos 3000 kg) hubiera podido gravar sobre la placa en la cumbre «piastra sommitale» la que hubiera redistribuido la carga en las cuatro triples volutas que desde cada columna se dirigen hacia el centro en unos 4,5 m.[17] Probablemente el mayor problema era cómo poner en práctica el sistema de enganche de los componentes en bronce, cuyas articulaciones tenían que ser invisibles y, en particular, tenían que ser resistentes a la tensión de las cargas por encima de ellos.

No obstante, esta es la única modificación que se introduce en el proyecto original. A finales de 1632, de hecho, Borromini recibe un pago para diseñar las decoraciones que se «fanno in piastra» (Schütze 2000b) y también para delinear «in grande tutte le Centine, piante, cornici, fogliami, et altri intagli, che vanno dentro alle Costole et Cimase, et di più sia obbligato a segnarli sul rame et rivederli acciò li falegnami et quelli che battono il rame non possono errare»[18] (figura 6).

Esto significa que, en una fecha no definida de 1632, se decide no realizar el coronamiento del *Baldacchino* en bronce fundido (quizás debido a la falta de tiempo y a las dificultades técnicas antes mencionadas), para construir una estructura de madera (pino, castaño, aliso), conectada con estribos y postes o con placas de hierro o postes, para las volutas y la placa «sommitale», así como para el cielo y los adornos a él colgados; un esqueleto de madera magistralmente ocultado detrás de dúctiles placas de cobre decorados con bajo relieves chapados por una resplandeciente doradura «a mercurio».[19]

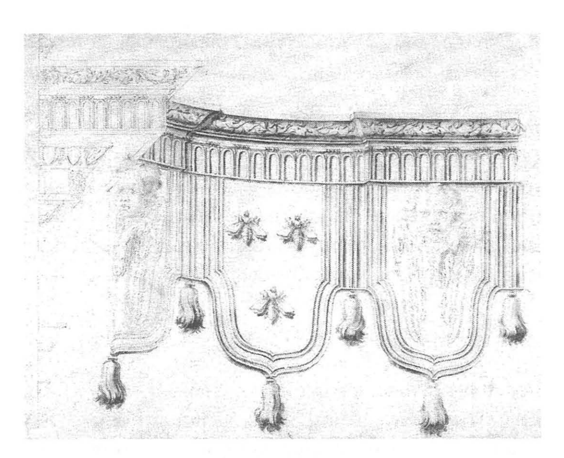


Figura 6
F. Borromini, Dibujo de los «pendoni» para el *Baldacchino* de San Pedro (Windsor Castle, Royal Library, n. 5637)

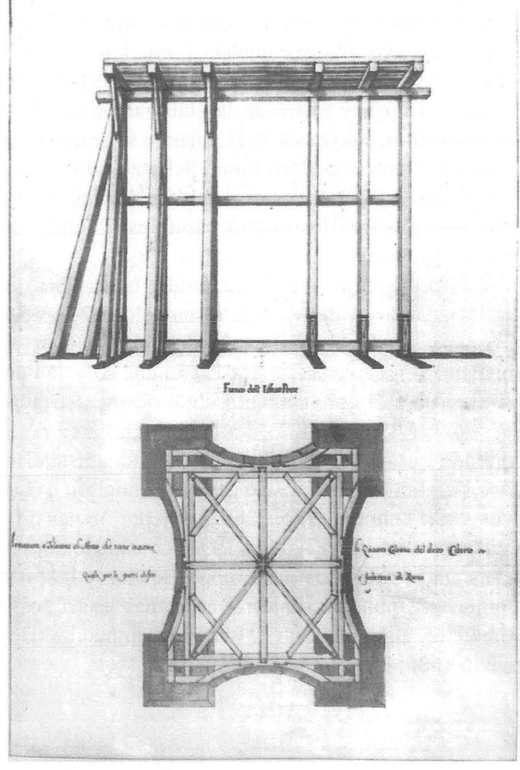


Figura 7
Andamio para el montaje del coronamiento del *Baldacchino* (vista lateral) y estructura de madera de la cobertura (Windsor Castle, Royal Library, n. 10451)

Además, la estructura del «cielo» (recuerdo el techo de la cobertura del altar papal) del *Baldacchino* que tiene la tarea también de sujetar las cuatro columnas es representada en un dibujo de la Biblioteca Real en el Castillo de Windsor; en el entrepiso del «cielo» la estructura está ocultada por un tabique de madera en la que es clavado el suntuoso ornamento en cobre dorado, es decir la paloma del Espíritu Santo con rayos, hojas (*girali*), Arpías con flores, abejas y opulentas pomposas cornisas (figuras 7 y 8).

En breve, una carenadura metálica sobre un núcleo de madera que permite una simplificación de la labor, acelerando la terminación de los trabajos y, sobre todo, engaña a la vista porque no se distingue por el color y la textura de las piezas del *Baldacchino* realizadas ya en bronce. Louise Rice ya ha demostrado que el bronce tomado del Panteón se utiliza sólo en una pequeña parte (Rice 2008a) para la realización de el orden arquitectónico; pero es el cambio radical de la tecnología de aplicación (elementos ya no en bronce, sino de madera revestidos con lámina de cobre), lo que ha hecho que ya no sea necesario el uso de bronce obtenido por fusión de las vigas del pórtico del Panteón.

Sin embargo, esta idea no es la de Bernini, Borromini, ni tampoco de los técnicos de la Fabrica de San Pedro, fue escogida por Stefano Speranza —un escultor que colabora en las fundiciones y que esboza el diseño del *Baldacchino* cuando el trabajo está rea-

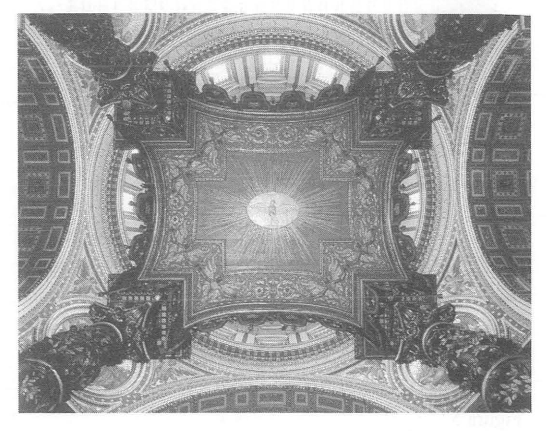


Figura 8
Città del Vaticano, San Pedro, *Baldacchino*, detalle



Figura 9
Città del Vaticano, San Pedro, *Baldacchino*, detalle

lizado— y por eso le entregan «scudi 40 per havere havuto pensiero di far fare tutti gl'ornamenti di basso rilievo di Rame, che sono serviti per il *Baldacchino*, et aggiustarli in opera»[20] (figura 9).

Sobre el esqueleto de madera se colocan centenares de hojas de cobre modeladas con las técnicas orfebres del «sbalzo» (repujado) y del cincel, habitualmente combinadas. Como ustedes saben, la técnica del repujado consiste en realizar los relieves en la parte trasera (reverso) de la lámina metálica; ésta —colocada sobre una capa de brea— se modela por una deformación plástica en frío con herramientas con punta redondeada siguiendo el dibujo graficado previamente. Tras este esbozo se sigue con el acabado hecho por un cincel que se practica en la parte frontal o delantera (anverso), de la lámina con el fin de particularizar los detalles del bajo relieve, a través de la percusión de pequeños cinceles, con picos de diferentes formas dependiendo de las impresiones que se deben dejar sobre el metal.

Así que los *corniciari di rame* (también llamados *calderari*) avanzando de arriba hacia abajo son contratados para la ejecución de la cruz y el globo, del forro de las costillas y las palmas del martirio que decoran las mismas, de las insignias pontificias, de los treinta *pendoni* con las correspondientes «nappe», de las hojas de laurel distribuidas en todas partes, de los querubines y las abejas, de las mencionadas Arpías y *girali* de acanto, de la paloma con los rayos del «splendore», de los centenares de flores atrapados sobre los «serti» rectos por los cuatro ángeles de bronce, de decenas de metros de cornisas —incluso «centinate»— todas cinceladas en relieve con ramas de laurel y hiedra.[21]

No sólo eso: incluso los ocho angelitos (llamados *putti*, que pero son de alrededor de 2 metros de altura), son modelados por hojas de cobre, así como los símbolos de San Pablo (la espada y el libro) y los de San Pedro (tiara pontificia —triple corona— y las llaves) que muestran a los fieles[22] (figura 10).

El *Baldacchino*, por lo tanto, no representa solamente el resultado de una hibridación tipológica entre el baldacchino y el ciborio, en palabras de Irvin Lavin, «una sorta di summa delle tre principali forme tradizionali di baldacchino onorifico: il ciborio architettonico, il baldacchino processionale sostenuto da aste, e il baldacchino sospeso dall'alto» (Lavin 1980, 20–21).

También es el resultado de una sabia combinación de materiales (hormigón, piedra, composiciones metálicas, metal, madera) a veces enseñada como en el caso de Giacinto Gigli que escribe en su Diario la naturaleza de la obra con «quattro colonne di metallo indorate ... ma l'ornamento sopra le colonne è fatto



Figura 10
Città del Vaticano, San Pedro, *Baldacchino*, detalle

di legno coperto di rame». En otras ocasiones la descripción del *Baldacchino* es mistificada por la propaganda, como en el V publico el 29 de junio de 1633 para anunciar la inauguración del «ricco et sontuoso *Baldacchino* fatto di bronzo dorato ... sostenuto da quattro grosse colonne ... con quattro gran angeli sopra le cantonate dell'architravi con altri angeletti ... il tutto in bronzo dorato con spesa più di 200.000 scudi».[23]

Una mentira tal vez dictada por el deseo de mostrar al *Orbe* católico una nueva imagen de la iglesia después de la reforma mediante la arquitectura, el medio más visible y permanente de promoción para los poderes teocráticos, en realidad —tipológicamente y constructivamente— el *Baldacchino* es una verdadera quimera (para utilizar la definición de Agostino Campielli, pero despojada de cualquier acepción negativa), el animal fantástico pero poderosamente seductor «león delante, dragón por detrás a la mitad cabra, bufando fuego ardiente».

Notas

1. Dedicado a Marta Santoro y a Gustavo Nery Iraheta Arana.
   «Altare ... elevatum fuit ad duorum Palmorum quam erat, et aditi sunt alii duo gradus», Archivio Fabbrica San Pietro, Città del Vaticano (AFSP), arm. 16, rip. A, vol. 159, f. 49*v*. La noticia se confirma en Gigli [1608–1644] 1994, I: 160 e in AFSP, arm. 26, rip. C, vol. 245, f. 29.
2. El bronce es una liga de cobre, estaño (max 4–10% para el vaciado de las estatuas) de zinc (2–8%), rara vez con el plomo (hasta el 3) que requiere una temperatura de fusión de 1050° C.
3. La medalla (40,6 mm) de bronce en la cara delantera lleva la inscripción URBANUS VIII PONT MAX A IIII y a revès ORNATO SS PETRI – ET PAULI SEPULCHRO = MDCXXVI, cfr. Bonanni 1699, II, p. 573, XIII; L. Michelini Tocci 1981, 286.
4. AFSP, arm. 26, rip. C, vol. 240; arm. 16, rip. a, vol. 159; arm. 26, rip. C, vol. 240; arm. 26, rip. C, vol. 246. Ver la «Relazione di quanto è occorso nel cavare i fondamenti per le quattro colonne di bronzo» de Ugo Ubaldi, in Biblioteca Apostolica Vaticana (BAV), *ACSP,* H 55, ff. 171–172; AFSP, arm. 12, rip. D, vol. 3, ff. 1200–1215, D'Amelio 2005.
5. La profundidad de los pozos para las cimentaciones varían entre 2,7 y 4 m. El área de excavación para cada base es de 2,2 por 2,70 m, D'Amelio 2005.
6. AFSP, arm. 26, rip. C, vol. 242; arm. 26, rip. C, vol. 245; arm. 26, rip. C, vol. 246; arm. 26, rip. C, vol. 248.
7. Avviso (11.10.1625), BAV, Vat. Urb. 1095, f. 336.
8. Los documentos confirman el procedimiento: «[Bernini] Hà formato di gesso detti modelli, insieme con colonne grandi. Vi ha gettato le cere tanto delle Colonne, basi e Capitelli, quanto di tutti i modelli, et ornamenti che vi andavano. Ha rinettato, e messo insieme tutti detti modelli di cera, riducendoli à modelli perfetti per poter gettare di metallo. Vi ha attaccato i getti, e sfiatatoro. Ha operato nelle prime mani di lutare, armar di ferro, calare, informare, cuocere, e sotterrare, fonder il metallo, e gettar di pezzi, quali sono stati 20», in AFSP, am. 1, rip. B, vol. 19, nr. 39.
9. AFSP, am. 1, rip. B, vol. 19, nr. 34.
10. Para estabilizar las piezas de las columnas Peter Rush (Kirwin 1997, 267–269 y figura 149) supone la existencia de un poste central al que la piezas se estriban.
11. En la «Nota della spesa fatta nelle 4 Colonne di metallo nella Chiesa di S. Pietro sopra l'Altare maggiore de quali sen'è hauto notizia sin a questo di primo dicembre 1631» (AFSP, arm. 1, rip. A, vol. 44, nr 18) es la cuenta del «primo modello di legno fatto sopra le Colonne). Ver también AFSP, arm. 26, rip. C, vol. 245, ff. 70, 94; arm. 1, rip. A, vol. 44, nri 11, 13, 14, 15; arm. 26, rip. C, vol. 246, f. 27.
12. AFSP, arm. 16, rip. A, vol. 159, ff. 119*v*, 124; AFSP, arm. 1, rip. A, vol. 44, ff. 254–257.
13. En este caso, el número de ángeles diferentes permite el uso de la cera perdida con el método directo que se cumple modelando la cera directamente sobre el modelo de arcilla. Para los pagos de Borromini, AFSP, arm. 26, rip. C, vol. 252, ff. 44, 47, 50, 53, 56, 60, 62, 69–79, 82, 95. Para el entablamento, AFSP, arm. 2, rip. C, vol. 251, ff. 62*v*.
14. Es decir «Porque se temía que las columnas podrían colapsar por el excesivo peso del bronce, Bernini tuvo otra idea».
15. AFSP, arm. 26, rip. C, vol. 252, f. 104.
16. Pollak 1931, II, 327–421.
17. Los ángeles de bronce tienen un peso medio de 7.400 *libbre* cada uno de aproximadamente 2.500 kg (1 *libbra* 0,339).
18. AFSP, arm. 26, rip. C, vol. 252, ff. 97, 101, 104.
19. AFSP, arm. 26, rip. C, vol. 261, ff. 9, 101, 104, 108; AFSP, arm. 26, rip. C, vol. 252, ff. 111, 115, 118, 120–132; AFSP, arm. 1, rip. A, vol. 44, nr. 42.
20. AFSP, arm. 26, rip. C, vol. 242, f. 94. «2 agosto.1633, A Stefano Speranza scudi 50 per aver fatto la copia del disegno dell'Altar grande di bronzo, qual'è di palmi 3 in prospettiva, acciò si possa stampare», AFSP, arm. 26, rip. C, vol. 252, f. 123.

21. AFSP, arm. 26, rip. A, vol. 160, ff. 8*v*, 21; arm. 26, rip. C, vol. 251, ff. 2–5, 8–9, 23–24, 26, 79, arm. 26, rip. C, vol. 252, ff. 82–101, 108, 111, 114, 123; arm. 1, rip. A, vol. 44, nri. 31 e 37.
22. AFSP, arm. 26, rip. C, vol. 252, ff. 130, 132, 135–141; arm. 26, rip. C, vol. 261, f. 31; arm. 26, rip. D, vol. 272, f. 33.
23. BAV, Vat. Barb. 6353, f. 153.

Lista de referencias

Bauer, G. C. 1996. «Bernini and the Baldacchino: On Becoming an Architect in the Seventeenth Century». *Architectura*, 2: 144–165.

Bonanni, F. 1696. *Numismata Summorum Pontificuim Templi Vaticani Fabricam*. Romae: Caesaretti & Paribeni.

Connors, J. 2006. «Bernini e il baldacchino di San Pietro». En *Petros eni*, editado por M. C. Carlo-Stella, P. Liverani, M. L. Polichetti, 105–115. Libro del cátalogo de exposición. Città del Vaticano, Fabbrica di San Pietro: Braccio di Carlo Magno. Monterotondo: Edindustria.

Corbo, A. M. 1985. *Fonti per la storia artistica romana al tempo di Clemente VIII*. Roma: Ministero BB.CC.AA., Pubblicazioni degli Archivi di Stato.

D'Amelio, M. G. 2005. «Tra ossa, polveri e cenere: il "fuoriasse" del baldacchino di San Pietro». *Annali di Architettura*, 17: 127–136.

Dombrowski, D. 2003. *Dal trionfo all'amore. Il mutevole pensiero artistico di Gianlorenzo Bernini nella decorazione del nuovo San Pietro*, Roma: Nuova Argos.

Fagiolo, M.; Fagiolo dell'Arco, M. 1967. *Bernini: una introduzione al gran teatro del barocco*. Roma: Bulzoni.

Gigli, G. [1608–1644] 1994. *Diario di Roma*, editado por M. Barberito, Roma: Colombo.

Kauffmann, H. 1970. *Giovanni Lorenzo Bernini. Die figürlichen Kompositionem*. Berlin: Mann.

Kirwin, W. C. 1981. «Bernini's Baldacchino reconsidered». *Römisches Jahrbuch für Kunstgeschichte*, 19: 143–171.

Kirwin, W. C. 1983. «L'illusionismo del Baldacchino». En *Gian Lorenzo Bernini Architetto e l'architettura europea del Sei-Settecento*, editado por G. Spagnesi, M. Fagiolo, 53–80. Roma: Istituto della Enciclopedia Italiana.

Kirwin, W. C. 1997. *Powers Matchless. The Pontificate of Urban VIII, the Baldachin, and Gian Lorenzo Bernini*, New York: Lang.

Kummer, S. 1990. «Ein "kritischer" Moment in der Entstehungsgeschichte des Bronzebaldachins von G. L. Bernini». En *Studien zur Künstlerzeichnung: Klaus Schwager zum 65. Geburtstag*, editado por S. Satzinger, G. Satzinger, 188–205. Stuttgart: Hatje.

Lavin, I. 1968. *Bernini and the Crossing of St. Peter's*. New York: New York University Press.

Lavin, I. 1980. *Bernini and the unity of the visual arts*. New York: Oxford University Pres. Trad. it.

Lavin, I. 1980. *Bernini & l'unità delle arti visive*. Roma: Edizioni dell'Elefante.

Lavin, I. 1984. *Bernini's Baldachin: Considering a Reconsideration. Römisches Jahrbuch für Kunstgeschichte*, 21: 405–413.

Lavin, I. 2008. «The Baldacchino. Borromini vs Bernini: Did Borromini forget himself?». En *Sankt Peter in Rom 1506–2006*, editado por G. Satzinger, S. Schütze, 275–300. München: Hirmer.

Liverani, P. 1992–1993. «Le colonne e il capitello in bronzo d'età romana dell'altare del SS. Sacramento in Laterano. Analisi Archeologica e problematica storica». *Atti della Pontificia Accademia di Archeologia*, Serie III, Rendiconti, LXV: 75–99.

Marder, T. A. 1998. *Gian Lorenzo Bernini*. Milano: Rizzoli.

Nilgen, U. 1977. «Das Fastigium in der Basilica Costantiniana und vier Bronzesäulen des Lateran». *Römische Quartalschrift für christliche Altertumskunde und Kirchengeschichte*, 72: 1–31.

Pollak, O. 1928–1931. *Die Kunsttätigkeit unter Urban* VIII, editado por D. Frey. Wien: Filser.

Portoghesi, P. 2007. «Il breve incontro tra due rivali: Bernini, Borromini e il Baldacchino di San Pietro». En *Svizzeri a Roma: nella storia nell'arte, nella cultura, nell'economia dal Cinquecento ad oggi*, editado por G. Mollisi, 130–137. Lugano: Editrice Ticino Management.

Rice, L. 2008a. «Bernini and the Pantheon Bronze», En *Sankt Peter in Rom 1506–2006*, editado por G. Satzinger, S. Schütze, 337–352. München: Hirmer.

Rice, L. 2008b. «Urbano VIII e il dilemma del portico del Pantheon». *Bollettino d'arte*, 6. Ser. 93, 143: 93–110.

Salerno, C. S. 2008. «Cartapeste di età barocca». En *La scultura in cartapesta: Sansovino, Bernini e i maestri leccesi tra tecnica e artificio*, editado por R. Casciaro, 81–115. Libro del cátalogo de exposición Milano. Cinisello Balsamo: Silvana Editoriale.

Sannibale, M. 1992–1993. «Le colonne e il capitello in bronzo d'età romana dell'altare del SS. Sacramento in Laterano. Analisi Tecnica». *Atti della Pontificia Accademia di Archeologia*, Serie III, Rendiconti, LXV: 101–125.

Schütze, S. 1994. «"Urbano inalza Pietro, e Pietro Urbano". Beobachtungen zu Idee und Gestalt der Ausstattung von Neu-St. Peter unter Urban VIII». En *Römisches Jahrbuch der Bibliotheca Hertziana*, XXIX: 213–287.

Schütze, S. 2000a. «Progetto per la trabeazione del Baldacchino di San Pietro, con i simboli barberiniani». En *Borromini e l'universo barocco*, editado por R. Bösel, C. L. Frommel, II, 43. Libro del cátalogo de exposición Roma. Milano: Electa.

Schütze, S. 2000b. «San Pietro in Vaticano, progetto per dettagli del lambrequin del Baldacchino». En *Borromini e l'universo barocco*, editado por R. Bösel, C. L. Frommel, II, 95. Libro del cátalogo de exposición Roma. Milano: Electa.

Spagnolo, M. 2000. «Il Baldacchino y I Piedistalli del Baldacchino». En *La Basilica di San Pietro in Vaticano*, editado por A. Pinelli, 790–797. Modena: Franco Cosimo Panini.

Spagnolo, M. 2006. *Bernini. Il baldacchino di San Pietro*. Modena: Franco Cosimo Panini.

Thelen, H. 1967a. *Zur Entstehungsgeschichte der Hochaltar-Architektur von St. Peter in Rom*. Berlin; Mann.

Thelen, H. 1967b. *Francesco Borromini: die Handzeichnungen*. Graz: Akademische Druck- u. Verlagsanstalt.

Michelini Tocci, L. 1981. *Bernini in Vaticano*. Libro del cátalogo de exposición. Città del Vaticano, Fabbrica di San Pietro: Braccio di Carlo Magno, 286. Roma: De Luca Editore

Tuzi, S. 2002. *Le colonne e il Tempio di Salomone. La storia, la leggenda, la fortuna*. Roma: Gangemi.

La técnica constructiva del patrimonio histórico-arquitectónico en zonas sísmicas

Stefano D'Avino

El estudio de la relación que transcurre, en el caso de la arquitectura histórica, entre técnicas constructivas y comportamiento de las estructuras en caso de terremoto tiene origen del análisis conducido en Umbría, en el territorio de Valnerina, área de alto riesgo sísmico, sobre algunos casos ejemplares tipológicamente desemejantes y sin embargo sujetos a comportamientos análogos, o sea en el ámbito de los cuales los fenómenos de deterioro fueran reconducidos a los mismos comportamientos; sin por otra parte, desconocer el límite conceptual impuesto por el carácter de absoluta individualidad y autonomía de los mecanismos estructurales que caracteriza cada monumento, cuyos comportamientos son la mayoría de las veces «faltos de sistematicidad estructural» (Doglioni 1994, 276), también en razón de pasadas intervenciones de restauración, y que, por lo tanto, no pueden ser empleados como «modelo».

En principio, se observa cómo el análisis ha evidenciado una precisa correlación ente el «modo» de manifestarse de los daños y la técnica constructiva que gobierna la estructura del muro: con el crecimiento de los paramentos relativos a la concatenación entre las estructuras de los muros y con la mejoría de las características de adhesión-cohesión corresponde un comportamiento «a grandes bloques»; análogamente, la disminución de tales paramentos comportará, en caso de evento sísmico, una mayor discretización de las porciones de los muros, reducidas en fragmentos que algunas veces no superan las dimensiones de cada uno de los elementos constructivos.

Por lo que respecta a las estructuras de los muros, en particular las del tardío antiguo y alto medievales no disponemos en el caso de Umbría de un proceso taxonómico de recogida y de investigación sistemática que permita llegar a una clasificación fiable; además la extrema variedad que caracteriza a estas estructuras, si bien da lugar a un cuadro documental amplio nunca visto, sin embargo constituye un límite interpretativo en tal sentido, que se puede sólo atravesar adoptando una metodología analítica rigurosa, fundada en una lectura estratigráfica de las elevaciones. Un problema sustancial está representado por la naturaleza calcárea del suelo, lo que ha determinado, durante los siglos, en un uso casi exclusivo de este litotipo; cuestión que une este territorio con amplia parte de las regiones de la Italia central. La razón reside en la fácil localización del material así como en su laboriosidad, lo que permite utilizarlo trabajándolo con una simple rotura, desbastado, u obteniendo, por escuadría, sillares.

Con el fin de constituir un cuadro de referencia tipológica de las estructuras de los muros adoptados en el área examinada, ha sido precisa la definición de algunos criterios en función de los cuales sistematizar los datos adquiridos en el curso de las investigaciones; los parámetros discriminantes individuados son cinco: el tipo mural; las modalidades de colocación de la estructura; el nivel de elaboración de los elementos lapídeos; la dimensión de las piezas; presencia y modalidad de realización de los elementos angulares (Fiorani 1996).

1. El tipo mural ha sido distinto entre construcción «a sacco» (es un muro mixto de ladrillos y grava, está constituido por dos muros paralelos entre los cuales se introduce un aglomerado de piedras y otros materiales duros), con elementos corticales más o menos ordenados y un núcleo predominantemente compuesto de argamasa e *inerte grossolano*; «con espesor», o bien con bloques o sillares diversamente colocados, para constituir un sistema resistente;
2. la estructura del muro puede diferenciarse según las modalidades de colocación: en hileras, cuando el paramento está organizado según planos regulares que, independientemente de las dimensiones y de la regularidad de los elementos, tienden a disponerse horizontalmente y con un desarrollo continuo; en hileras irregulares, cuando la pieza, aunque irregular en el grado de elaboración, está colocada según planos pseudo-horizontales, que pueden ser, en algunos casos, quebrados o cortados a razón de la deformidad del material; con hileras de cobertura de los techos superiores, cuando a intervalos (no siempre regulares) el material, de cualquier modo trabajado, está colocado en modo de formar alineamientos; inorgánica, cuando la disposición de las piedras, de cualquier modo trabajadas, no evidencia ningún criterio de colocación;
3. los fragmentos lapídeos provenientes de la cantera obtenidos mediante división, o sea extraídos a través de cinceladura del estrato rocoso superficial, se llevaban posteriormente a cabo tanto en relación a la forma prevista como por el nivel de acabado superficial; los instrumentos para el esbozo de piedras eran: el puntero (o punta), en grandes extensiones; el cincel de corte ancho, sobre pequeñas superficies planas. La regularización de los elementos de construcción por medio de puntero fino o del cincel, introducida a partir del siglo XIII dio lugar a las primeras estructuras caracterizadas por un amplio uso de bloques (en lugar de las sillerías hasta la fecha adoptadas). El cincel, la piocha, el bocarte y el cincel fino permitieron sólo con posterioridad (entre los siglos XV y XVI) realizar estructuras bastante más refinadas, en las cuales las sillerías eran colocadas casi sin interposición de argamasa;
4. la dimensión de los elementos lapídeos que constituyen la estructura, entendida no como valor absoluto sino como relación entre los varios componentes, puede ser distinguida en: homogénea, cuando la media de las piezas es similar en todos los elementos o sea tiende a serlo; no homogénea para el caso en el que la relación entre las dimensiones de cada uno de lo componentes no supera, generalmente, la relación de 1 a 2; no muy homogénea, cuando tal relación muestra una desigualdad superior;
5. el análisis de los elementos de ángulo distingue entre: presencia de bloques escuadrados o sillares colocados según la modalidad que garantizan un correcto anclaje al muro; piedras escuadradas de dimensiones en todo caso, mayores respecto a las del paramento; soluciones de ángulo caracterizadas de elementos sustancialmente similares, por dimensiones y elaboración, a las del paramento.

El estudio ha puesto en evidencia un modelo predominante, fechado, con algunas excepciones, entre el siglo IX y el siglo X, esto se halla a Bazzano (figura 1), Geppa, Onde (figura 2), Macenano y Poggioprimocaso, sólo por citar algunos ejemplos. Ello está caracterizado por una estructura inorgánica, falta



Figura 1
Castillo de Bazzano, tipo mural (S. D'Avino 2008)



Figura 2
Torre de Onde, tipo mural (S. D'Avino 2008)

de evidentes hileras de coberturas de techos superiores, compuesta de sillares y esquirlas con abundante argamasa; todos los muros muestran elementos de ángulo para reforzar la estructura.

Resulta evidente como en estos casos la resistencia de la construcción, caracterizada por estructuras murales de notable espesor, realizados «a sacco», se debe más a la dimensión del muro que a la destreza constructiva, no obstante se ha notado la presencia de soluciones que, con toda evidencia, aparecen derivadas de la experiencia constructiva, como la adopción de la piedra esponja, bastante más ligera de la piedra calcárea, a veces superiores a las torres (Castelfranco d'Ancarano, 1370–79) (figura 3); o bien la introducción de *pali radice* en la construcción (figura 4) con el fin de aumentar la resistencia de los esfuerzos de tracción (torre de Onde).

Resulta evidente como tal estructura del muro sea la de mayor riesgo en el caso de seísmo, principalmente a causa de la reducida capacidad de resistir, como causa de la modesta unión entre los elementos lapídeos, con esfuerzos de corte, se manifiesta, asimismo, como la tipología «a sacco» constituya un elemento sucesivo de fragilidad puesto que a menudo el paramento no es suficientemente solidario al núcleo interno.

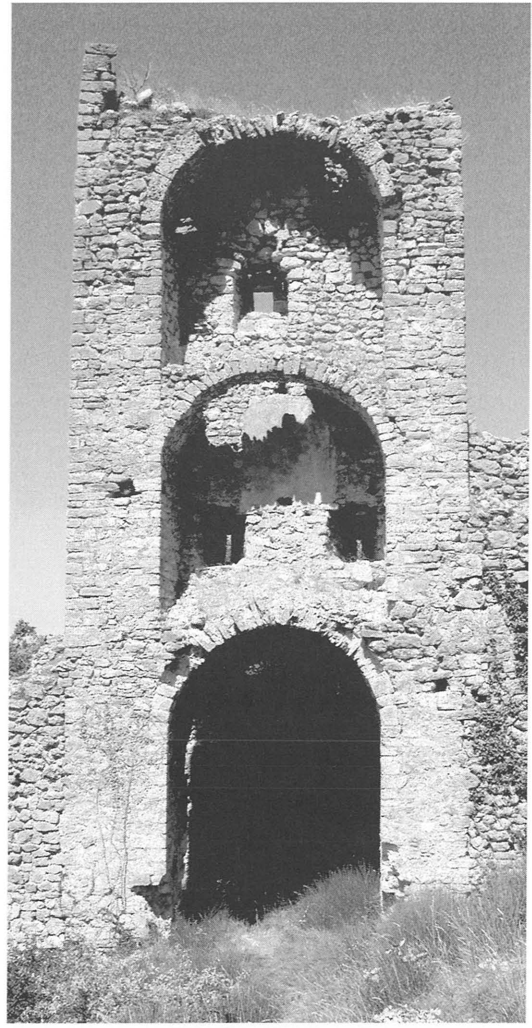


Figura 3
Castelfranco d'Ancarano, castillo (S. D'Avino 2008)

Un segundo grupo de construcciones, de las cuales se registra un considerable número de ejemplos, Arrone (figura 5), Castel Bufone, Collegiacone (figura 6), Postignano, Precetto, cuya fundación está también situada en el mismo arco temporal, evidencia una mayor atención constructiva: ésta se demuestra por la adopción de bloques, además de elementos desbastados, también por la evidente reducción del



Figura 4
Torre de Onde, detalle (S. D'Avino 2008)



Figura 6
Castillo de Collegiacone, tipo mural (S. D'Avino 2008)

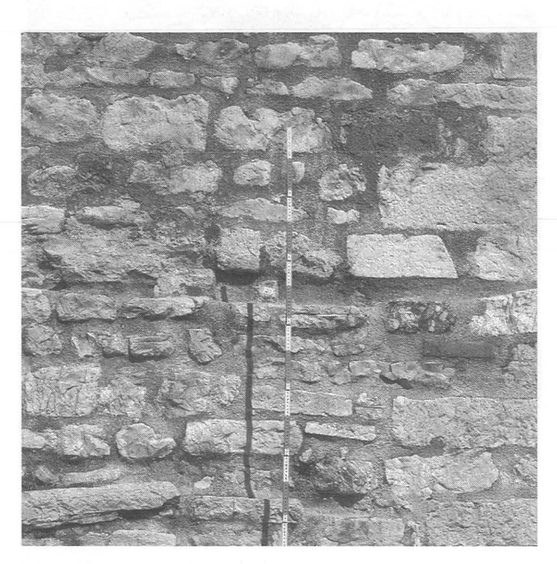


Figura 5
Castillo de Arrone, tipo mural (S. D'Avino 2008)

espesor de las capas de argamasa, posiblemente atribuible a las diferentes maestranzas.

Análogo tipo de muro caracteriza además dos construcciones del siglo XV, destacando una evidente permanencia en el campo de técnicas constructivas muy poco refinadas: la roca di Matterella (Ferentillo) y la de Cascia; relativamente a este segundo caso resulta también interesante evidenciar la singularidad; la estructura del muro está de hecho realizado por construcción «a sacco» con elementos corticales de obra incierta realizada con bloques de calcáreos desbastados colocados sobre capas de argamasa ordinaria compuesta de cal, arena, grava y raros trozos de ladrillos; se observa una clara prevalencia de los ortostatos sobre los perpiaños, lo que puede implicar un parcial prejuicio sobre las características de adhesión entre los tabiques (Montanari 2008).

Un modelo de muro que parece prolongarse desde el siglo X (Poggio di Croce, Rocca Brigida, Umbriano) hasta el siglo XIII (Forsivo, Biselli, Campi y Collescille) y el realizado con bloques y sillerías de dimensiones no homogéneas (algunas veces con presencia de lascas), estructurados como hileras irregulares (figura 7); constante es la terminación angular a bloques, colocados, alternados, «de cabeza» y por toda la longitud, con el fin de realizar una eficaz sujeción. Análoga estructura del muro se encuentra en el castillo de Montesanto, erecto en 1503, subrayando aquella permanencia de técnicas que se citaba anteriormente.

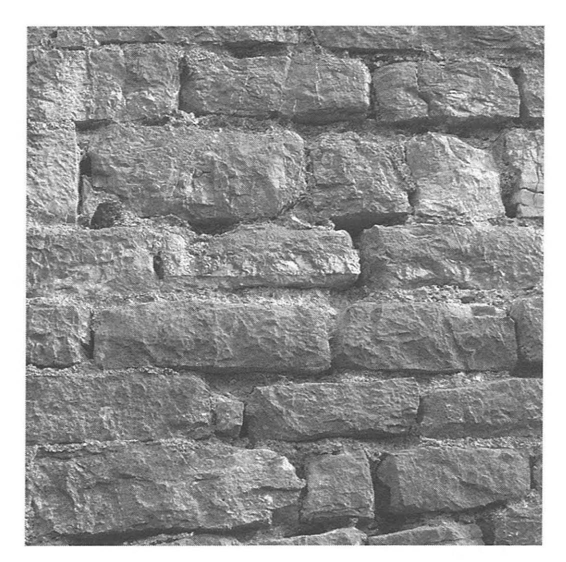


Figura 7
Castillo de Campi, tipo mural (S. D'Avino 2008)

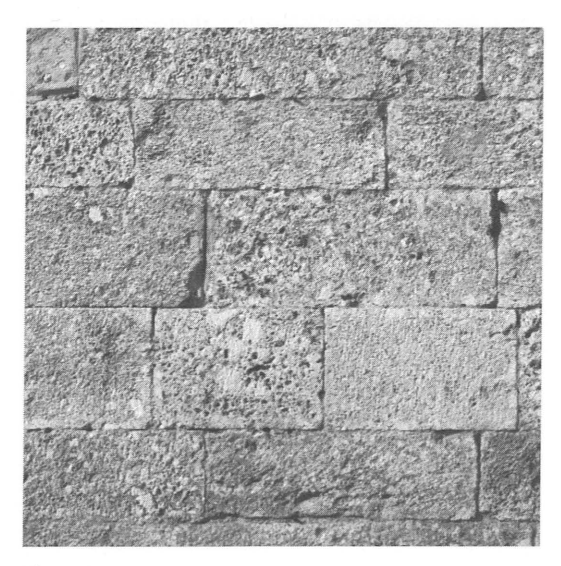


Figura 8
Norcia, Castellina, tipo mural (S. D'Avino 2008)

Bastante menos recurrente las estructuras de hileras regulares realizadas con bloques o sillares no homogéneos, concentradas en un arco temporal que abarca desde el siglo XIII (muralla de S. Marco) al siglo XV (torre de Agriano); testimonianzas episódicas de este tipo son Castellina de Norcia, erecta en 1554 (figura 8), y las operaciones de ampliación conducidas en la mitad del siglo XVI en la roca Monaldesca, connotadas de una estructura a sillares de calcáreo dispuestos como hileras regulares. En este caso la solidaridad que se instaura entre los elementos lapídeos, en la mayoría de los casos, una suficiente capacidad de resistir a los esfuerzos de corte provocados por el movimiento sísmico.

Todas las estructuras examinadas presentan la técnica constructiva de doble estrato, con núcleo en conglomerado de cal bien mezclada y comprimida, con lascas de calcáreo de dimensiones no homogéneas y, en casos aislados, fragmentos de ladrillo (figura 9); a menudo el material inerte está extraído del despojo de estructuras más antiguas.

En algunos casos como, por ejemplo, las murallas de los castillos de Scheggino y Castelfranco, o las rocas de Cascia y Matterella, las construcciones se apoyan directamente sobre la roca, sin el apoyo ofrecido por una verdadera y propia fundación, más bien copiando con precisión el curso del estrato rocoso, que a veces resulta adoptado a la finalidad. Una semejante solución constructiva determina lógicamente una mayor irregularidad en la colocación de los elementos del paramento del muro, en la porción inferior de la estructura, con el fin de eludir a la irregularidad del perfil rocoso.

Asimismo han sido conducidas observaciones también en referencia a las argamasas para la colocación cuya calidad incide de manera sustancial en la capacidad resistente de una estructura del muro: los ejemplos cogidos como muestras han evidenciado un uso sistemático con la cal de la piedra calcárea, más o menos toscamente triturada, como componente inerte; el resultado es un conglomerado bastante resistente pero con una evidente tendencia a la pulverización, al menos en los casos en los que la argamasa resulta menos rica de cal. Muy raramente la argamasa refluye sobre la pieza (ésta resulta una práctica bastante moderna); más a menudo está rasada a filo con la piedra. El espesor de las juntas verticales como el de las capas de colocación resulta más bien variable, en razón de la variedad de forma y dimensión de la pieza lapídea adoptado, aquí se intenta proveer, donde sea necesario, con rellenados de argamasa; con el fin de evitar núcleos de unión demasiado consistentes, a menudo se ha recurrido al encuña-

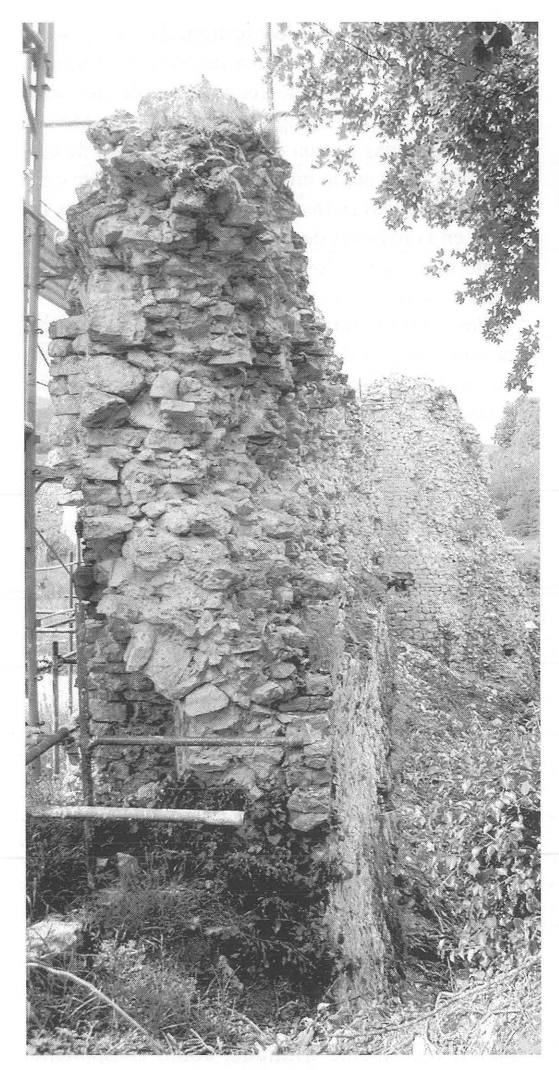


Figura 9
Roca de Cascia, detalle (S. D'Avino 2004)



Figura 10
Roca de Cascia, detalle (S. D'Avino 2006)



Figura 11
Torre de Onde, detalle (S. D'Avino 2008)

miento en la estructura del muro de esquirlas de calcáreo o sea de diminutos fragmentos figulinos.

También la entidad y el modelo de tensión influye de manera sustancial en la determinación del daño. Los esfuerzos al corte, que actúan de modo alternado, provocan lesiones extendidas y separaciones en elementos que en general son de menor dimensión respecto a lo que ocurre en las construcciones sujetas solamente al esfuerzo de tracción. La incoherencia que a veces se halla en las estructuras murales de este área determina la provocación de tales procesos, con tendencia a la disgregación (figuras 10 y 11),

síntoma de una evidente incapacidad estructural a la hora de sostener los empujes de movimiento transversal.

El origen del conjunto de las grietas caracterizado por líneas de rotura con bordes irregulares y perfil casi vertical está (figura 12), sin embargo encontrado en los esfuerzos de tracción que parcializan en macro-elementos la unidad de la pared del muro; efecto amplificado proprio de la incoherencia de las estructuras murales, de la escasa calidad de la argamasa así como de la falta, difundida, de eficaces enganches (Giuffrè 1988).

La observación durante el curso de los siglos de los fenómenos sísmicos y su testimonio directo nos aportan datos para apreciar la capacidad resistente de los materiales así como la mayor o menor «adaptabilidad» al fenómeno sísmico del mecanismo estructural; investigaciones y consideraciones que han estado codificadas en tratados, capaces a veces de sugerir metodologías aplicativas y sistemas innovadores (S. D'Avino,1998). Con el tiempo la atención ha migrado de la «materia» a la acción de construir, entendida como la expresión de la cultura de un pueblo y a la vez manifestación característica de un lenguaje que lentamente se ha adaptado y modificado con una sensibilidad que se ha formado sobre un conocimiento que ha sido, justamente, madurado en los siglos; es por lo tanto evidente cómo la experiencia haya favorecido la localización de los exámenes más oportunos con el fin de mejorar las calidades resistentes de las estructuras y, más en general, de las soluciones antisísmicas que podemos reconocer incluso en las arquitecturas más antiguas, para las cuales seguramente «no sería fácil documentar una concienciación distinta del sintético complejo de la cultura técnica de la época ... Las más o menos codificadas normas de buena construcción del mundo clásico implícitamente contenían [de hecho] la previsión del movimiento sísmico» (Giuffré 1988, 20). Por lo tanto, más que mirar a la redacción de manuales que predispongan más o menos exactos «modelos antisísmicos» sería oportuno llevar a discusión cada uno de los modos de intervención, críticamente interpretados en sus premisas histórico-técnicas, con una particular atención a la «lectura de las tipologías estructurales, del sistema constructivo, y del conjunto de las grietas típicas» (Carbonara 1997, 461).

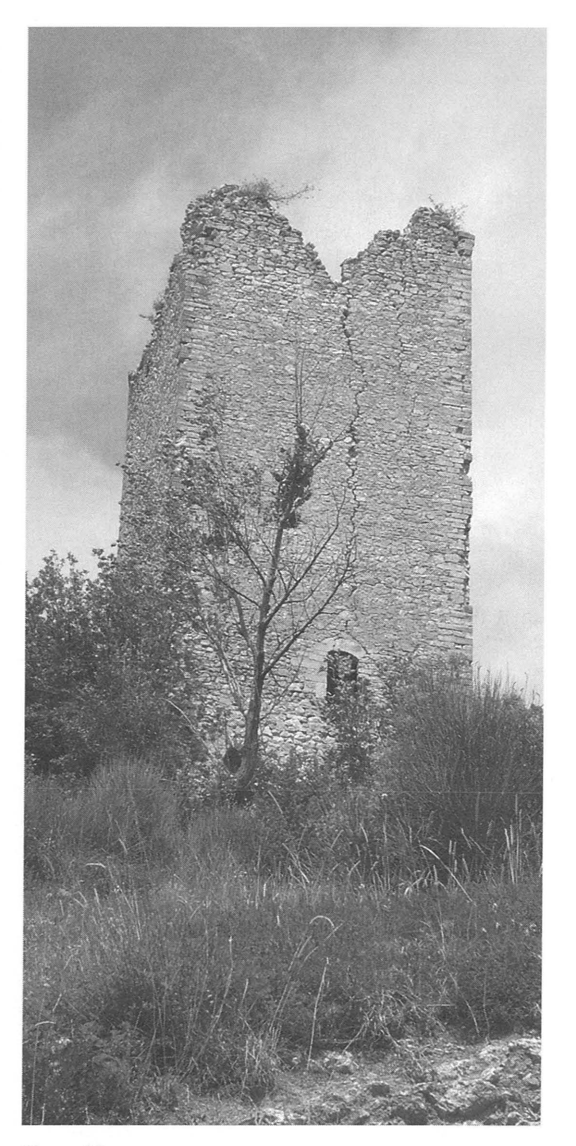


Figura 12
Torre de Collescille (S. D'Avino 2008)

En sustancia, el estudio relativo a la vulnerabilidad del patrimonio histórico-arquitectónico en el área sísmica puede ser conducido adoptando métodos simplificados, a través de comprobaciones localizadas, más correspondientes a la realidad de cada una de las estructuras murales puesto que «[su] comportamiento depende ampliamente de su técnica de construcción» (Saisi 2005, 196); la investigación debe, por consiguiente fundarse en un previo cono-

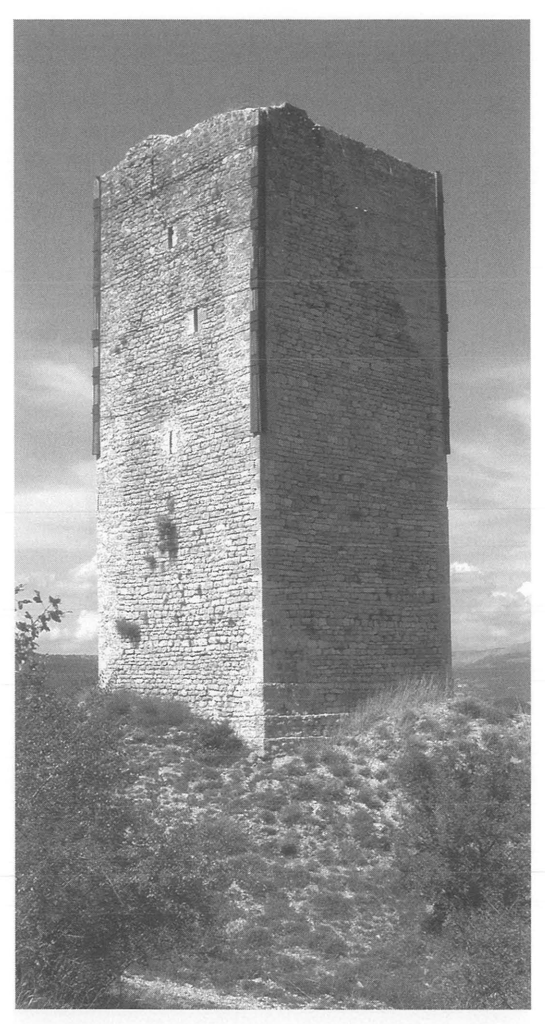


Figura 13
Torre de Poggiodicroce (S. D'Avino 2008)

cimiento estructural de los edificios, de su historia, sobre el análisis de la morfología de las secciones murales, sobre la observación de los mecanismos de los daños sufridos así como sobre la eficacia mostrada por las técnicas de intervención posiblemente ya utilizadas en el pasado; hasta el siglo XIX, principalmente después del desastroso movimiento sísmico del 1703, han sido, justamente, elaboradas y codificadas técnicas de consolidación que tenían en consideración la acción de los terremotos: «Para defenderse de los «terremotos quieren ser casas de madera, de forma que cada trozo esté tan conectado y encajado con los otros, que formen todos juntos una sóla masa. Esta masa no debe plantarse o construirse en la tierra, sino apoyarse solamente sobre un pavimento de piedra más grande de la planta de la casa. Ese pavimento tiene que tener una suave inclinación desde el centro hasta la circunferencia, para facilitar la sangradura de las aguas provenientes del tejado. La altura de esta casa no debe exceder de su anchura, o su largura, más bien que sea algo menor. De este modo con cualquier sacudida, el centro de gravedad permanecerá siempre en su base. Las sacudidas podrán hacerla tremar, pero nunca volcarla, ni precipitar, como las casas de muro: ella es una caja» (Milizia 1785).

Por lo tanto, es evidente como una arquitectura histórica no pueda habitualmente someterse a la aplicación de una normativa técnica específicamente destinada a las «nuevas construcciones en el área sísmica» sin que se traicionen los valores, negando la «memoria histórica» que está grabada en las arquitecturas más antiguas.

Sintéticamente, la restauración en el área sísmica debería tender a la individualización, en el interior del léxico estructural originario de la estructura, de cumplimientos y añadiduras que conduzcan a una mejora de su eficacia antisísmica, una «mejora» que debe, por lo tanto, ser concebida como la «natural conjugación de la restauración cuando ella debe afrontar los temas de la prevención sísmica... [operado] introduciendo formas de intervención oportunas, donde por tales se entienden aquellas en grado de interaccionar con la existente» (Doglioni 1994, 295), exclusivamente acentuándose los sobrantes recursos, sin efectuar ninguna sustitución, ni en la consistencia material, ni en la propia funcionalidad estructural; se preferirán intervenciones «mínimas», dirigidas a una puntual consolidación estructural, que aprovechen la interacción entre las partes, verificando o reconstruyendo la eficacia de las conexiones por medio de impostas y ligaduras, como la introducción de cadenas o tirantes metálicos (figura 13), efectuado desde la antigüedad; o bien con exactos recosidos en la textura del muro.

Asimismo, se deberá investigar en las técnicas de consolidación y en los ejemplos de protección antisísmica seguidos en los siglos pasados, en la concienciación que éstos, como también el mecanismo estructu-

ral originario, constituyen un insustituible documento histórico y un principal testimonio técnico.

Lista de referencias

Carbonara, Giovanni. 1997. *Avvicinamento al restauro*. Napoli.

D'Avino, Stefano. 1998. «I danni dei terremoti del 1997–98. Note sulla prevenzione dal rischio sismico». *Spoletium*, 39: 35–41.

Di Stefano, Roberto. 1990. *Il consolidamento strutturale nel restauro architettonico*. Napoli.

Doglioni, Francesco. 1994. «Il miglioramento in funzione antisismica come parte dell'opera di restauro». En Doglioni, F., A. Moretti, V. Petrini (eds.). *Le chiese e il terremoto*, Trieste.

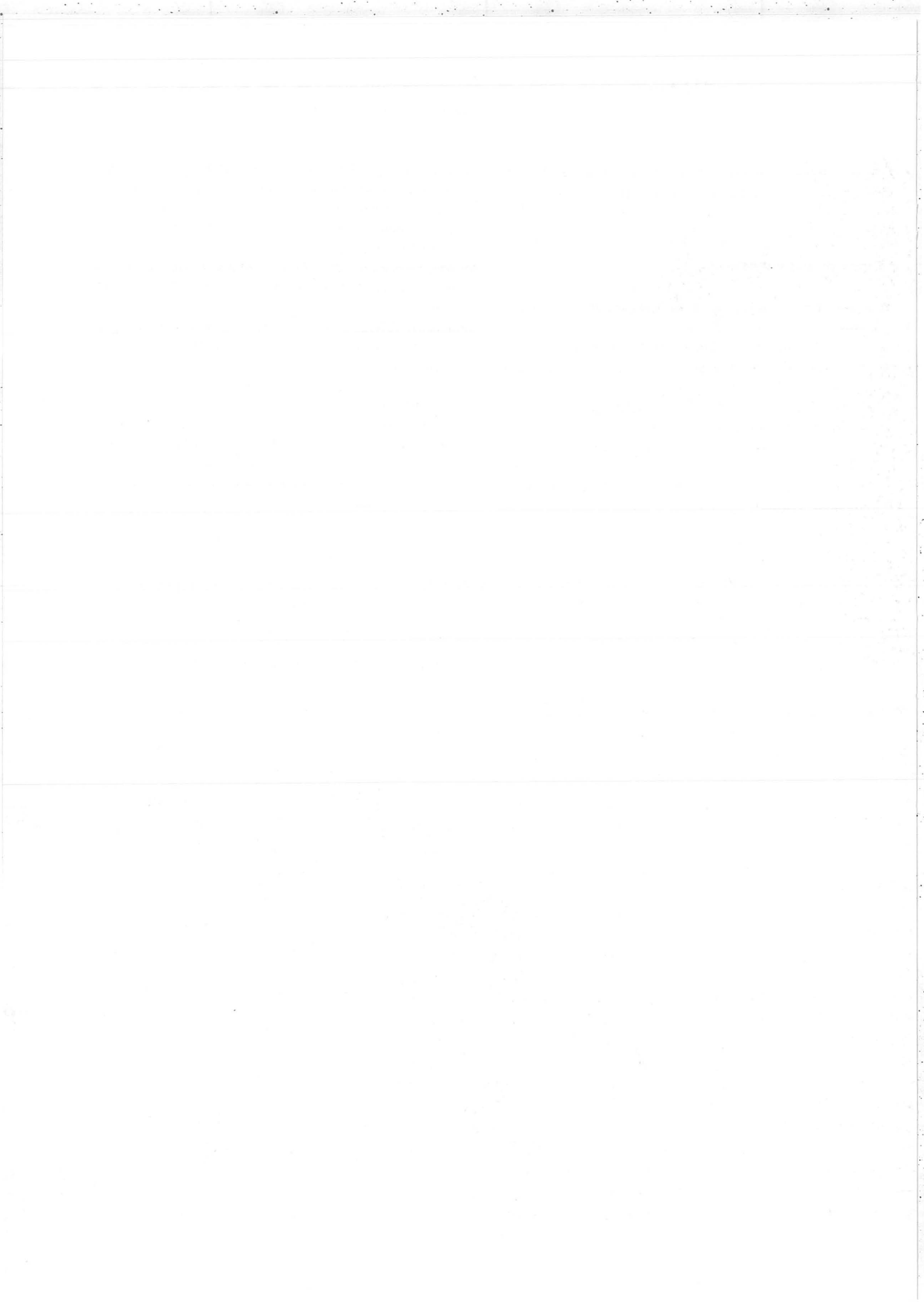
Fiorani, Daniela. 1996. *Tecniche costruttive murarie medievali. Il Lazio Meridionale. Storia della tecnica edilizia e restauro dei monumenti.* Roma.

Giuffré, Antonino. 1988. *Monumenti e terremoto. Aspetti statici del restauro*. Roma.

Milizia, Francesco. 1785. *Principi di architettura Civile, libro Terzo, capitolo IX, Delle Case per i tremuoti*. Bassano.

Montanari, Valeria. 2008. «Questioni relative alla reintegrazione della cinta muraria della Rocca di Paolo II a Cascia (Perugia)». En *Lo stato dell'Arte, actas del 6° Congreso national IGIIC, Spoleto 2–4 ottobre 2008*. Grugliasco (Torino): 707–714.

Saisi, Antonella Elide. 2005. «Rilievo e studio del comportamento di sezioni murarie: il problema delle murature in pietra». En Fiorani, D., D. Esposito (eds.). *Tecniche costruttive dell'edilizia storica. Conoscere per conservare.* 191–202. Milano.



Huellas de artesanía constructiva. Características de los forjados históricos de Valencia

Maria Diodato

El objetivo de esta comunicación es ilustrar los resultados de la clasificación de los forjados históricos de Valencia analizando sus características morfológicas y geométricas distintivas. El estudio se basa en el levantamiento de 221 forjados que pertenecen a 33 edificios y que fueron cuidadosamente ordenados en un catálogo.

El levantamiento se realizó con un distanciómetro láser desde el interior de las habitaciones sin poder contar con andamios. En cada caso, se tomaron las medidas de la geometría de la habitación, las secciones de algunos tramos y la disposición de las vigas y otros elementos. Estas dimensiones se midieron en tres puntos diferentes para obtener un valor medio aproximado. Resulta evidente que no se trata de un levantamiento científico con todas las deformaciones y peculiaridades específicas, sino que es un levantamiento tipológico o intelectual para poder elaborar unas cifras representativas de cada forjado.

A partir de los datos y de la observación directa, se han definido cinco categorías de forjado: de revoltones, casetonados, entablados, de rasilla y artesonados. La ampliación del análisis se concentró solamente en los primeros cuatro tipos, porque los artesonados se encuentran exclusivamente en arquitecturas de gran prestigio y su carácter de excepcionalidad dificulta un estudio tipológico, estando claro, además, que para la comprensión de su estructura es necesario tener una perspectiva del extradós. Por otra parte, se han excluido también todos los paneles y lacerías que se encuentran colgados del verdadero esqueleto portante porque el interés de este estudio se centra en techumbres que tienen una función estructural.

La investigación se ha realizado dentro de unos límites territoriales muy claros y correspondientes al centro histórico de Valencia, es decir la zona anteriormente encerrada por la muralla cristiana. Los límites cronológicos del estudio empiezan en el siglo XV, después de la reconquista, hasta llegar a finales de siglo XVIII para dar testimonio de la presencia de viguetas metálicas, posteriores a la revolución industrial, en los forjados de revoltones.

Seguidamente se evidencian los rasgos de cada grupo de forjados y se comentan los gráficos relacionados con sus dimensiones y características a través de una básica descripción estadística posible gracias al gran número de ejemplos considerados.

Para la compresión de los datos se utilizan dos tipos diferentes de diagramas: unos consideran el número real de ejemplos con un determinado rasgo, mientras los otros toman en cuenta el porcentaje (%) de forjados que tienen un atributo específico respecto al total de estructuras del mismo tipo. Este segundo sistema consigue en parte relativizar la diferencia entre los distintos grupos porque el número de forjados de revoltones es de 138, los casetonados son 61, mientras que el número de entablados y forjados de rasillas se reduce a 17 y 6 respectivamente. Esta disparidad en el número de datos influye de manera determinante en el análisis estadístico porque cuanto menor es el número de ejemplos, mayor es el riesgo de error.

Tipos de forjados

Revoltones

La técnica constructiva de revoltones es la más difundida en Valencia y en toda la comunidad; esta popularidad se debe, sin duda, a la facilidad de construcción y al reducido empleo de un bien tan preciado como la madera. Una vez apoyadas las vigas, se construyen las bovedillas sin necesidad de cimbra, simplemente juntando los ladrillos con yeso y cerrando la estructura con una clave que a veces es medio ladrillo; en algunos casos esto es sorprendente porque la sección de las bovedillas llega a estar compuesta por siete ladrillos y cubrir una luz neta de casi 1 m.

Aunque en los manuales del 800 estén representadas bovedillas en rosca o con doble capa, todos los revoltones que se han podido observar parcialmente desmontados están compuestos por una bóveda tabicada de ladrillos macizos, de unos 3,5 cm de espesor, con una segunda fila de ladrillos en los riñones que, sin llegar a formar una segunda hoja en la bóveda, estabilizan la estructura. El relleno suele ser hormigón de cal y cascotes.

En las zonas rurales, las vigas son simples rollizos y los revoltones pueden estar hechos solamente de un conglomerado de yeso en el que se suelen notar todavía las marcas del encofrado de pequeños tableros que posiblemente apuntalaban desde abajo. No existe ningún ejemplo de esta solución en el centro histórico de Valencia.

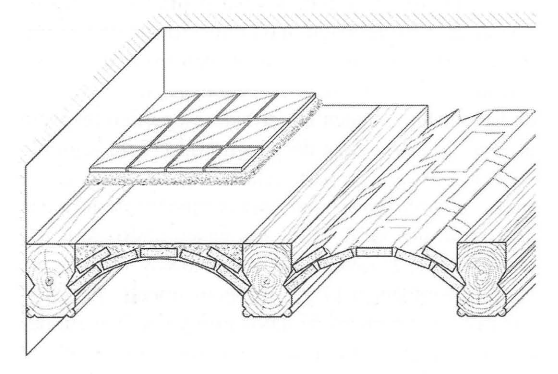


Figura 1
Axonometría de un forjado de revoltones típico

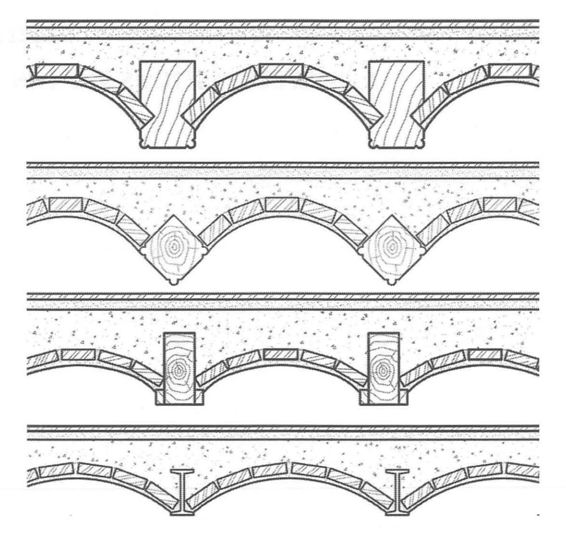
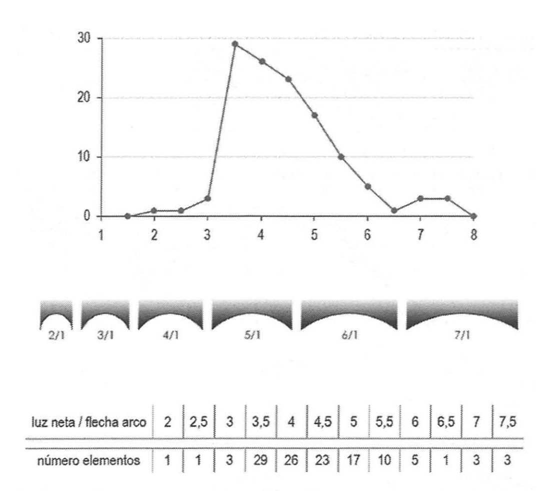


Figura 2
Secciones de forjados de revoltones que muestran los diferentes tipos de vigas

Las vigas pueden ser una única pieza con muescas recortadas para apoyar las bovedillas, o pueden estar compuestas de un alma central y dos listones laterales clavados a ella. La segunda solución es posterior a la primera, ya que permite ahorrar material y el uso de clavos sólo pudo crecer cuando su producción empezó a ser industrial. Los clavos se disponen a una distancia de 10 a 20 cm entre ellos y a menudo no se colocan en la misma línea horizontal sino en zigzag. Posteriormente se sustituyeron los elementos de madera por perfiles metálicos en combinación con jácenas en celosía y pilares de fundición. Una ulterior y poco difundida variante de esta categoría presenta las vigas giradas a 45°; esta configuración presenta la ventaja de no necesitar muescas para apoyar las bovedillas pero, por otra parte, el apoyo en los muros necesita un aparejo específico.

La proporción entre la luz neta entre las vigas y la flecha de la bóveda permite estudiar la geometría de la sección. En pocas ocasiones esta geometría se asemeja a un arco de medio punto, ya que, como se puede ver en el gráfico; la mayor parte de los forjados muestran una proporción comprendida entre 3,5 y 5, configurando una bóveda ligeramente rebajada. Por otra parte, existe un grupo de ejemplares con bóvedas muy rebajadas que suelen estar relacionados con



luz neta / flecha arco	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5
número elementos	1	1	3	29	26	23	17	10	5	1	3	3

Figura 3
Diagrama que representa la proporción entre luz neta y flecha de las bovedillas de los forjados de revoltones

interejes muy amplios. A pesar de que la reducida flecha de la bóveda reduzca el buen funcionamiento del sistema constructivo, esta conformación es inevitable para que el extradós de la bóveda esté a ras con el extradós de la viga. Esta condición, a su vez, es necesaria para poder solar sin necesitar rellenos excesivos.

Los casetonados

Los casetonados, junto con los entablados, se conocen bajo el término genérico de alfarjes, el ejemplar típico consiste en una serie de vigas sobre las que están clavadas dos series de elementos: las cintas, listones de unos 3 m perpendiculares a las vigas, y los saetinos, paralelos a las mismas y más cortos. Estos componentes derivan de la necesidad de poner un tapajuntas entre las tablas para subsanar el problema de la contracción de las vigas durante la maduración, y la consiguiente separación entre tablas y desprendimiento de parte del relleno. Desde un punto de vista estructural, la presencia de las cintas que atan el entramado, mejora notablemente el comportamiento bidireccional del forjado, aumentando su estabilidad. Sobre esta estructura descansa el entablado que, en general, se coloca perpendicularmente a las vigas y tiene un ancho igual a la distancia entre cintas; análogamente, si se dispone paralelo, tendrá un tamaño aproximado al intereje. El relleno puede ser desde una mezcla de cal o yeso a simple tierra. El conjunto está rematado por unas tablillas verticales perimetrales que se insertan en ranuras marcadas en las caras laterales de las vigas, que sirven, junto con la cornisa, para ocultar el encuentro de éstas con el muro.

Las cintas y saetinos se pueden acoplar de dos formas: simplemente haciendo un corte inclinado en los saetinos para que se ajusten a la cinta, o recortar en ambos elementos una muesca con un corte vertical a 45° respecto el eje y encajarlos. Esta segunda opción es obligatoria en el caso de casetones con molduras y requiere más trabajo que la primera.

La profundidad de los casetones se corresponde con el espesor de cintas y saetinos. La mayoría tienen una profundidad menor de 6 cm, con una media de 4 cm, y son muy pocos los ejemplos de casetones más profundos, que están constituidos por dos grupos de listones superpuestos y que corresponden a forjados más decorados y nobles.

En la figura 6 se evidencia también la distribución de las diferentes geometrías de cintas y saetinos. La mayoría tienen una sección trapezoidal de manera que la construcción de los forjados era muy rápida y fácil.

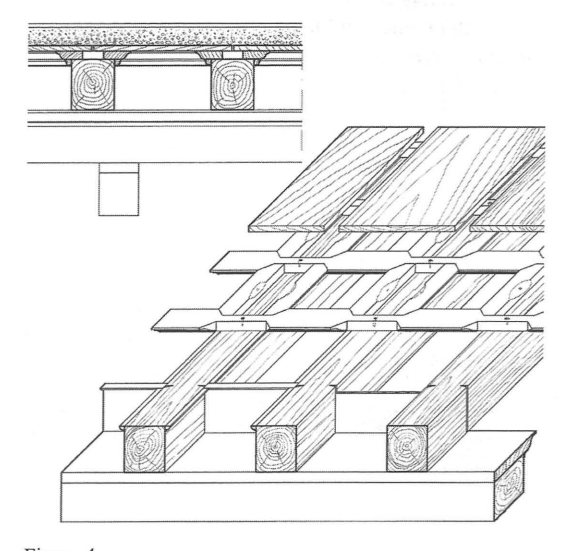


Figura 4
Axonometría y sección de un forjado a casetones típico

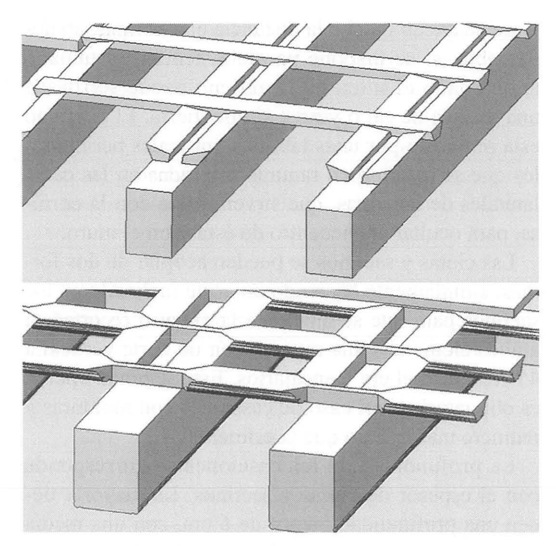
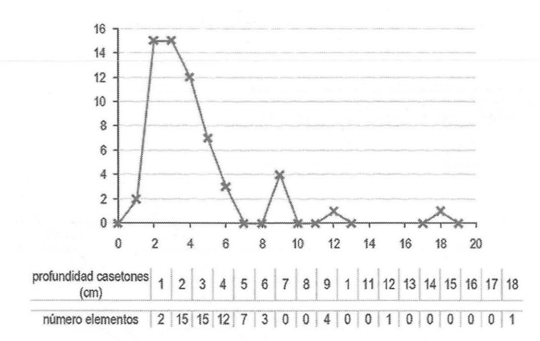


Figura 5
Modelo 3D que evidencia las dos maneras de acoplar cintas y saetinos en un forjado de casetones



profundidad casetones (cm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	11	12	13	14	15	16	17	18
número elementos	2	15	15	12	7	3	0	0	4	0	0	1	0	0	0	0	0	1

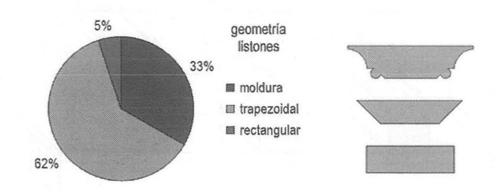


Figura 6
Diagrama de la profundidad de los casetones y esquema de las geometrías de las cintas y saetinos

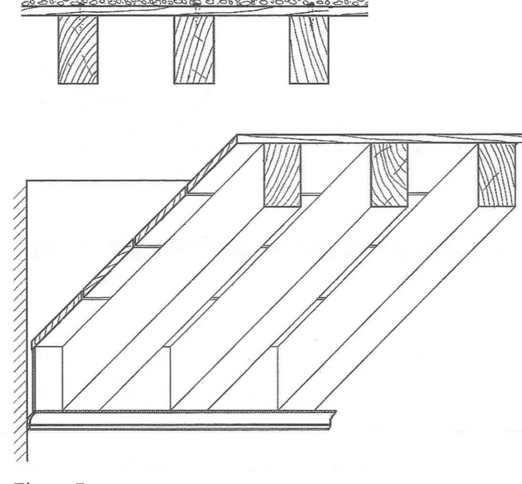


Figura 7
Axonometría y sección de un forjado entablado típico

La prevalencia de esta solución se debe a que muchos de las salas examinadas son zaguanes, y no se gastaba en ellos para hacer molduras y decoraciones.

Entablados

Los entablados son las estructuras más simples para realizar un forjado, ya que una vez colocadas las vigas, simplemente se clava sobre ellas una tablazón, que en los casos estudiados tiene un ancho de 30 cm aproximadamente y un espesor que posiblemente es de unos 4 cm. El material de relleno puede ser, como en el caso de los casetonados, una masa de cal, yeso o de tierra que hace la función de un mínimo aislamiento acústico. Hay que destacar el caso de los forjados del palacio de En Bou, que no sólo presentan las tablas posicionadas paralelamente a las vigas, «a calle corrida,» sino que también sorprendente por su tamaño extraordinario ya que, en algunos ejemplos, llega a ser de 580 cm por 85 cm.

Forjados de rasillas

Los elementos que componen el forjado de rasilla son las vigas, los listones perpendiculares y los ladri-

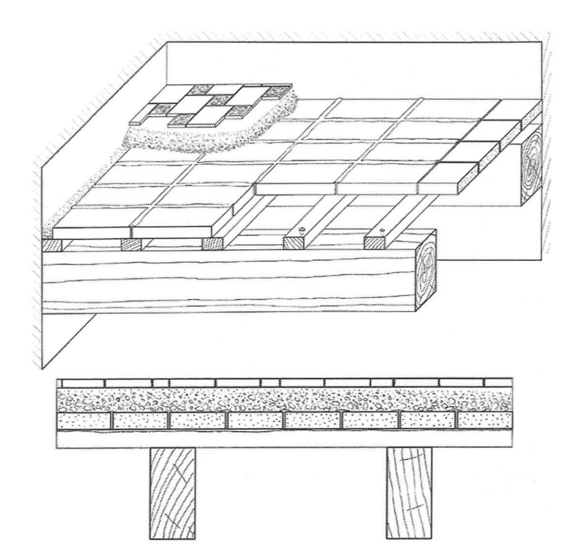


Figura 8
Axonometría y sección de un forjado de rasillas típico

llos. Los listones, que tiene una sección rectangular de unos 7 cm por 4 cm, presentan un ritmo adecuado al tamaño del elemento cerámico que descansa sobre ellos con un relleno de una masa de cal o yeso encima. Se encuentran poco ejemplos de este tipo de forjado porque es bastante pesado, cosa que acelera los procesos de degradación. Sin embargo, cabe destacar que esta técnica constructiva es ampliamente empleada para las cubiertas, ya que en este caso su peso es un factor que se opone a la fuerza del viento, que tiende a levantar el tejado.

Elementos subsidiarios, cornisas y ménsulas

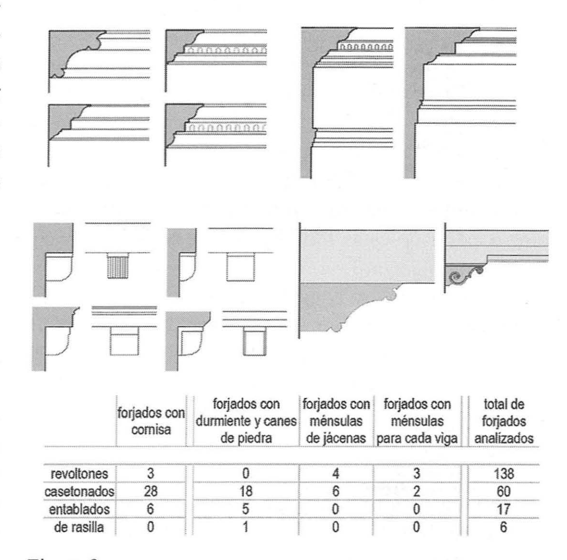
Las cornisas encontradas no tienen ninguna función estructural; de hecho, una vez desmontadas, es evidente que cuelgan de las vigas y están clavadas a ellas, ya que en ningún caso se apoyan en los muros perimetrales. Este elemento sirve para resolver el encuentro entre las superficies verticales de las paredes y el forjado, escondiendo, junto con las tablillas verticales perimetrales, el apoyo de las cabezas de las vigas en los muros.

Se han podido observar dos tipos de cornisas: una maciza que se recorta para formar la moldura, y otra constituida simplemente por un perfil de madera. La articulación de la moldura puede ser diversa, pero destacan un pequeño grupo de cornisas de gran altura, que tiene su razón de ser en las salas de gran altura libre.

Las cornisas, todas de madera, están asociadas principalmente a la categoría de los casetonados (más del 45% los casos), sobre todo cuando éste no tienen decoración pictórica; también en los entablados la cornisa està presente en más del 35% de las habitaciones, mientras que en los otros dos tipos no tiene relevancia.

Otros elementos subsidiarios que revisten una importante función estructural son las ménsulas. Su objetivo es reducir la luz neta del forjado, evitar flechas excesivas y preservar las cabezas de las vigas de la pudrición, pero, si son de madera, ellas mismas están sujetas a esta patología; por ello, la mejor solución es el empleo de canes de piedra con un durmiente sobre el que apoyar las vigas.

En las estructuras estudiadas se hallaron ambos tipos de elementos, y es importante evidenciar la divergencia entre las ménsulas que sujetan jácenas principales y dinteles, que suelen ser de madera, y los canes que sostienen durmientes, que suelen ser de piedra. En este segundo caso se aprecia una cierta uniformidad en su aspecto: se trata siempre de ele-



	forjados con cornisa	forjados con durmiente y canes de piedra	forjados con ménsulas de jácenas	forjados con ménsulas para cada viga	total de forjados analizados
revoltones	3	0	4	3	138
casetonados	28	18	6	2	60
entablados	6	5	0	0	17
de rasilla	0	1	0	0	6

Figura 9
Ejemplos de cornisas, cornisas altas, canes de piedra y ménsulas de madera encontrados. Tabla que muestra su distribución en los diversos tipos de forjado

mentos muy simples con una cara curvilínea y pequeñas acanaladuras y, sólo en raros casos, presentan decoración pictórica. Tampoco las ménsulas de madera suelen tener capa pictórica pero muestran varios tipos de molduras.

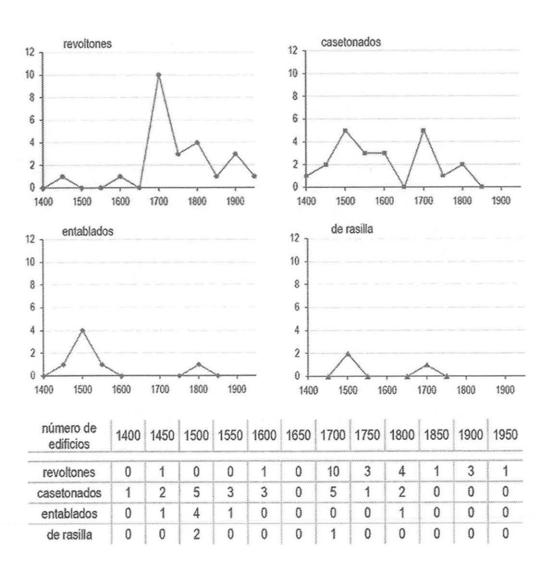
La distribución de las ménsulas de madera se reparte entre casetonados y revoltones mientras que la presencia de durmientes y canes es prerrogativa de los casetonados y de los entablados. Además, conviene subrayar que en más del 75% de los forjados casetonados existe un elemento que rodea la habitación: en 28 forjados de estos está presente una cornisa, y en 18 un durmiente con ménsulas.

Análisis cronológico

El siguiente gráfico revela la relación entre cada tipo de forjado y su desarrollo a lo largo de los siglos. Este análisis abre muchas cuestiones sobre la datación de los forjados: sólo en exiguos casos se ha encontrado una datación relativamente precisa porque en general el interés es escaso y estas estructuras no suelen estar incluidas en las investigaciones sobre la historia de los edificios a menos que tengan un aparato decorativo importante. En la mayoría de los casos se ha utilizado la datación del edificio o de una de las etapas de su historia, aunque no siempre eran suficientes las informaciones encontradas. No es necesario añadir que este procedimiento es muy arriesgado y poco fiable, en cuanto que la reconstrucción de los forjados puede ser independiente de las intervenciones sobre la fábrica; además, cabe la posibilidad de que la vigas fueran reutilizadas de otro edificio. A pesar de estas limitaciones es posible deducir la evolución general.

En el diagrama se considera el número de edificios interesados y no el número de forjados para que el resultado sea más verídico y no influenciado por la difusión de una categoría respecto la otra; los edificios que contengan estructuras de varios tipos se cuentan varias veces.

En el gráfico se aprecia cómo el gran desarrollo de los forjados con revoltones empieza a partir del siglo XVIII, cuando empieza a escasear la madera, y que se continúan utilizando también en el siglo XX con la sustitución de las tradicionales viguetas de madera por perfiles metálicos. Los entablados y los forjados de rasilla se desarrollaron sobre todo alrededor del



número de edificios	1400	1450	1500	1550	1600	1650	1700	1750	1800	1850	1900	1950
revoltones	0	1	0	0	1	0	10	3	4	1	3	1
casetonados	1	2	5	3	3	0	5	1	2	0	0	0
entablados	0	1	4	1	0	0	0	0	1	0	0	0
de rasilla	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0

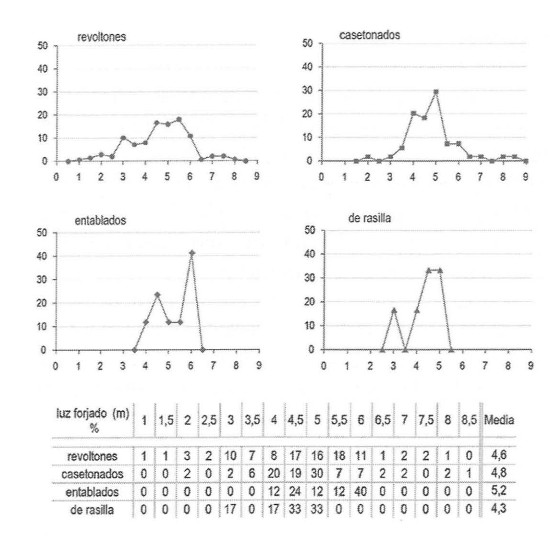
Figura10
Diagrama que refleja la distribución de los diversos tipos de forjados a lo largo de los siglos

1500, en correspondencia con la edad de oro de la ciudad. La distribución de los casetonados mantiene una distribución bastante regular a lo largo de los siglos, porque, aun siendo una técnica bastante antigua, se adapta fácilmente a diferentes salas y funciones ya que pueden ser forjados muy simples o estar interesados por una importante decoración pictórica.

Relaciones geométricas

Consideraciones sobre las habitaciones, su geometría y tamaño

La mayoría de las habitaciones localizadas tienen una geometría cuadrangular, que puede variar desde el rectángulo regular hasta geometrías inclinadas o trapezoidales. La disposición de las vigas varía según la geometría de la habitación, adaptándose a ella, con una distribución que puede ser en abanico, perpendicular o paralela a uno de los lados, o puede no respetar mínimamente la forma. En el caso de los casetonados esta deformación puede interesar también las cintas de manera que cada casetón pasa de tener una geometría rectangular a una romboidal. Asimismo,



luz forjado (m) %	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	Media
revoltones	1	1	3	2	10	7	8	17	16	18	11	1	2	2	1	0	4,6
casetonados	0	0	2	0	2	6	20	19	30	7	7	2	2	0	2	1	4,8
entablados	0	0	0	0	0	0	12	24	12	12	40	0	0	0	0	0	5,2
de rasilla	0	0	0	0	17	0	17	33	33	0	0	0	0	0	0	0	4,3

Figura11
Esquema que resume las luces de los forjados según el tipo

cuando se observa una viga cortada o simplemente escondida a medias por un tabique, por ejemplo en un forjado de revoltones, se puede deducir que la configuración de las habitaciones era diferente en el pasado y puede ayudar en la interpretación de la historia constructiva del edificio.

No parece haber una clara relación entre la clase de forjado y el tamaño de la habitación, como muestra el cuadro; esto significa que se elegía el tipo independientemente de las dimensiones de la habitación, siendo más importantes otros factores como la época, el material o la función de la sala.

Se puede apreciar como la mayoría de los forjados presentan una luz comprendida entre 4 y 6 m, pero solamente los casetonados y revoltones llegan a luces extraordinarias de 7 y 8 m. Estas dimensiones están relacionadas con el tamaño considerable de las vigas cuya base, en algunos casos, supera los 30 cm.

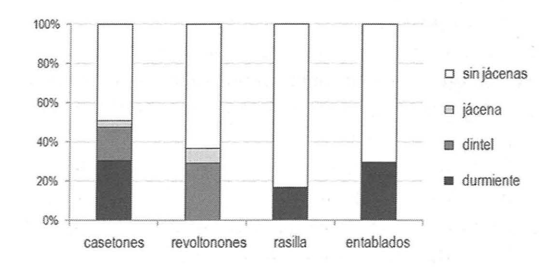
El cuadro muestra la luz de las vigas sin contar con las zonas de apoyo ocultas con valores aproximados a medio metro.

Presencia de vigas principales

Las dimensiones de las vigas, tanto la sección como la longitud, están influenciadas, por un lado, por la necesidad de obtener resistencias suficientes y, por el otro, por la dificultad del abastecimiento de madera y la aparición de fendas. Así que los troncos se parten en secciones menores para reducir la cantidad y el tamaño de las fisuras que aparecen endémicamente durante la maduración, y para economizar la construcción. Se reduce el uso de vigas de grandes dimensiones porque, además de ser costosas, son difíciles de encontrar. De hecho, todos los ejemplos muestran vigas de secciones relativamente pequeñas que, en algunos casos, se apoyan en una única jácena principal que sirve para dividir el techo en dos tramos.

La concentración de dinteles y jácenas en los casetonados y revoltones depende probablemente de una articulación mayor de los espacios que cubren, porque en algunos casos las salas se alejan de la tipología clásica de enfilada de habitaciones característica de los palacios. Los dinteles generalmente sustituyen arcos y muros de carga, pero también pueden apoyarse en pies derechos y componer una apertura. Las jácenas, que en ningún caso definen un segundo entramado de vigas, sino que siempre se presentan singularmente, tienen la función de apoyo de dos serie de vigas situadas cabeza contra cabeza o con una al lado de la otra.

La presencia del durmiente, ligado como se ha visto a los canes de piedra, es una característica clarísi-



presencia vigas principales %	sin jácenas	jácena	dintel	durmiente
revoltones	64	7	29	0
casetonados	49	3	17	31
entablados	71	0	0	29
de rasilla	83	0	0	17

Figura 12
El histograma ilustra la presencia de vigas principales

ma de los entablados y de los casetonados. En este último caso, su presencia es incompatible con la presencia de las cornisas.

Relación entre la luz neta y las base de la viga

En el pasado, la proporción de la luz neta entre viga y viga y la base de éstas se utilizaba como factor de dimensionamiento de los forjados, que se construían siguiendo reglas geométricas. Si la relación resultante era 2 se denominaba «a calle y cuerda», y es una proporción bastante difundida que de hecho aparece en la mayoría de losforjados casetonados y de los entablados.

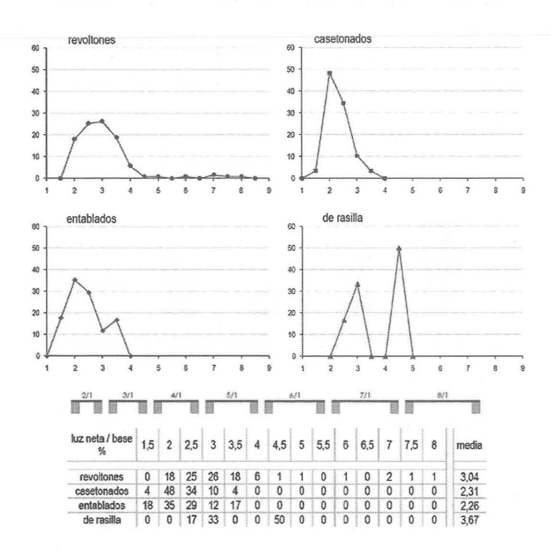
Analizando en profundidad la distribución de este valor se observa que, en el caso de los casetonados y de los entablados, se concentra alrededor de los valores de 2 y 2,5, mientras que en los revoltones la dispersión es mayor, alrededor de un valor medio de 3,0. Para explicar la curva correspondiente a los forjados de rasillas, cuya media tiene un valor de 3,7, hay que considerar el reducido valor de la base de las vigas, que es compensado por una considerable altura como se evidencia en el gráfico de la relación entre base y altura de la viga.

Intereje

Hoy día se ha pasado de un sistema de dimensionamiento geométrico a uno de tipo numérico que permite elegir los valores y tamaños más adecuados en los forjados. Por esta razón interesa el valor del intereje, que en el pasado no se consideraba en absoluto, siendo un valor ideal y no correspondiente con ningún punto concreto de la estructura.

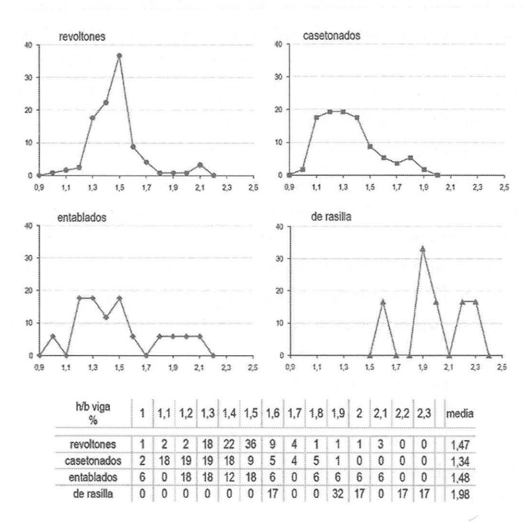
Resulta evidente a partir del cuadro número 14 que la línea de los revoltones está sensiblemente desplazada hacia valores importantes; de hecho la mayoría de los forjados de revoltones tienen un intereje entre 60 y 95 cm, y su media, de 84 cm, es considerablemente superior a la media de los demás, menor de 60 cm. Para explicar este fenómeno es necesario tener en cuenta la escasez de madera que sufre la zona y la consecuente necesidad de economicidad, por lo que se prefiere utilizar pocas vigas y confiar en la resistencia de las bovedillas. Por otra parte, puede ser que en los tiempos más recientes utilizando el cálculo numérico, los arquitectos tuvieran más confianza y se arriesgaran más en la esbeltez de las estructuras.

Por lo que concierne a los otros tipos de forjados, el entablado es el que tiene un andamiento más irregular y los casetonados y los de rasilla tienen un intereje comprendido entre 45 y 65 cm y tienen una valor medio respectivamente de 58 y 59 cm.



luz neta / base %	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	media
revoltones	0	18	25	26	18	6	1	1	0	1	0	2	1	1	3,04
casetonados	4	48	34	10	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,31
entablados	18	35	29	12	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,26
de rasilla	0	0	17	33	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	3,67

Figura13
Gráfico de la proporción entre luz neta entre vigas y base de éstas



h/b viga %	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3	media
revoltones	1	2	2	18	22	36	9	4	1	1	1	3	0	0	1,47
casetonados	2	18	19	19	18	9	5	4	5	1	0	0	0	0	1,34
entablados	6	0	18	18	12	18	6	0	6	6	6	6	0	0	1,48
de rasilla	0	0	0	0	0	0	17	0	0	32	17	0	17	17	1,98

Figura14
Diagrama del intereje de los tipos de forjados

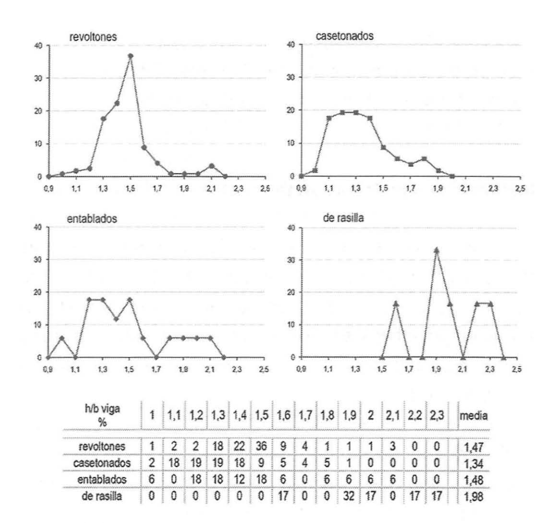
Relación entre altura y base de la sección de las vigas

Otro punto de interés es la determinación de la sección de viga apropiada; pronto los constructores se dieron cuenta de que una sección rectangular puesta en vertical funcionaba mejor que una cuadrada. Es muy interesante que, en cualquier caso, la proporción de las secciones no se aleja demasiado de la proporción rectangular con la altura igual a la base multiplicada por raíz de dos. Esta proporción es muy parecida a la que Enrique Nuere comenta en el libro «La carpintería de armar española» donde explica cómo, una vez cortado el tronco y trazado un diámetro, se divide este último en tres partes iguales y se traza, en uno de estos puntos, una perpendicular al diámetro hasta llegar a la circunferencia y uniendo este punto con las extremidades del diámetro, se obtienen los dos lados de la viga a cortar.

El gráfico número 15 muestra la frecuencia de las geometrías de la sección relacionada con los tipos de forjados. A la población total se han restado los pocos ejemplos examinados de vigas metálicas, que tienen una geometría predeterminada, y también los que pertenecen a la categoría de revoltones con vigas giradas a 45° en cuanto que éstas son necesariamente cuadradas.

En el caso de forjados de revoltones, la altura no puede ser medida directamente y se ha reconducido su forma a los ejemplos que se pudieron observar abiertos. En todos los casos, el extradós de la viga está a ras con el extradós de la bovedilla o con una fina capa de relleno con la finalidad de constituir un plano continuo para poner el substrato del suelo. Por esta razón, la altura de la viga se ha calculado como el espacio desde el intradós de la misma, sumándole la altura de la bovedilla, medida que se puede tomar directamente, y añadiéndole además la hipotética altura de la bovedilla.

Resulta evidente, aunque el número de ejemplares es muy reducido, que la geometría de las vigas de los forjados de rasilla tiene una relación muy alta entre su altura y su base, ya que la media es 2, y refleja la necesidad de aprovechar al máximo la inercia de la sección para sujetar el peso de los ladrillos. En la vertiente opuesta, los casetonados presentan la tendencia a tener vigas de sección relativamente cuadrada con una media de 1,3. La explicación es que este tipo de forjado, por una parte trabaja bastante en las



h/b viga %	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3	media
revoltones	1	2	2	18	22	36	9	4	1	1	1	3	0	0	1,47
casetonados	2	18	19	19	18	9	5	4	5	1	0	0	0	0	1,34
entablados	6	0	18	18	12	18	6	0	6	6	6	6	0	0	1,48
de rasilla	0	0	0	0	0	0	17	0	0	32	17	0	17	17	1,98

Figura 15
Esquema de la proporción entre base y altura de la sección de las vigas

dos direcciones, ya que se constituye de un entramado de listones, y por otra parte es probable que, para ver reducida la profundidad total la estructura, se prefiriera esta solución para dejar más visible la decoración y las molduras de los casetones.

Los revoltones y los entablados tienen una distribución parecida, con una media de 1,5 que, en el caso de los revoltones, es también el valor más frecuente. Es interesante notar que este valor es intermedio entre la proporción de oro que corresponde a 1,6 aproximadamente y la raíz de dos, anteriormente comentada.

Decoración de las vigas

Por muy simples que sean la mayoría de los forjados analizados, se aprecia la presencia de algunas decoraciones y molduras muy simples en las esquinas de las vigas. Estas decoraciones son características de los revoltones; aunque hay algunos ejemplos en los casetonados, en estos la prevalencia de vigas con esquinas perfectas es posiblemente debida a la voluntad de no aumentar excesivamente la ornamentación, ya que suelen estar presentes molduras en los saetinos, cintas y cornisas. Los revoltones ofrecen todo un espectro de decoraciones, porque en muchos ca-

sos, este era el único detalle que ennoblecía el forjado junto con una eventual decoración de los revoltones. Por el otro lado, en algunos revoltones, no habría sido sensato decorar un forjado que desde el principio se iba a quedar oculto. Este caso se da sobre todo en ejemplos relativamente modernos con vigas a sección compuesta y mal rematadas que en su día fueron tapadas por falsos techos como atestiguan los agujeritos y manchas dejados por los clavos. Finalmente, las molduras en las vigas están completamente ausentes en los forjados pintados, porque obviamente aumentarían la complejidad de las superficies a pintar.

Es oportuno citar también los otros tipos de decoración que se han encontrado: 29 forjados entre casetonados, entablados y de rasilla presentan una capa pictórica que cubre la totalidad de la estructura; en algunos ejemplos de casetonados además las cintas y los saetinos ya no se pueden considerar como listones, sino unas planchas recortadas que juntas dibujan un motivo geométrico. Los forjados de revoltones a veces muestran una decoración de las bovedillas, que puede estar pintada o cubierta por unos relieves modulares de yeso.

Conclusión

Este estudio ha intentado ser una aproximación a los forjados presentes en el centro histórico de Valencia. Las pequeñas interpretaciones y deducciones obtenidas de los datos son todavía muy básicas, pero el logro de esta investigación es la sistematización de unos conocimientos directos de los forjados que, partiendo de la observación, los clasifica. Este proceso sirve para ordenar la realidad con el fin de que sea más manejable por el intelecto humano, traduciendo a hechos comprobados impresiones que los trabajadores del sector conocen bien por su contacto directo con las arquitecturas.

Aun teniendo muchas limitaciones, este análisis guarda la ambición de estimular estudios más profundos sobre las estructuras de madera, ya que esta clasificación que pone en evidencia y describe en detalle los forjados, necesita una difusión y aceptación entre los que se dedican a la conservación del patrimonio arquitectónico para poder tener referencias y lenguajes comunes.

Lista de referencias

De Arias y Scala, Federico. 1897. *Carpintería Antigua y Moderna.* Barcelona: Juan Romá Editor.

Delgado Martínez, Michel. 2003. *Los alfarjes y artesonados de madera valencianos. Aspectos artisticos y constructivos.* Trabajo de evaluación para optar por el título de Master en Conservación del Patrimonio Arquitectónico. Tutor Liliana Palaia Pérez. Valencia.

Émy, A. R. 1841. *Traité de l'Art de la Charpenterie.* Liége: Dominique Avanzo Editeurs.

Ferrer Pérez, Vicente. 2000. *Los montes valencianos al final del antiguo régimen: politica forestal y aprovechamientos de la cubierta vegetal.* Tesis Doctoral. Valencia: Universidad Politécnica del Valencia.

Hernández Ubeda, Luis y otros. 2001. *Conocer Valencia a través de su arquitectura.* Valencia: Ayuntamiento de Valencia.

López González, María Concepción. 1995. *Los Palacios Góticos de la Ciudad de Valencia, Ejemplo Gráfico.* Tesis Doctoral. Directora Ángela Garcia Codoñer. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Nuere Matauco, Enrique. 2000. *La Carpintería de Armar Española.* Madrid: Editorial Munilla Lería.

Nuere Matauco, Enrique. 2001. *Nuevo Tratado de la Carpintería de lo Blanco y la verdadera historia de Enrique Garavato carpintero de lo blanco y maestro del oficio.* Madrid: Editorial Munilla-Lería.

Pérez de los Cobos Gironés, Francisco. 1998. *Palacios y Casa Nobles, Relato sobre las que hubo y hay, de propriedad particular, en la ciudad de Valencia.* Valencia: Federico Domenech.

San Petrillo, Baron de. 1940. *Casonas Solariegas, Discurso leido para su ingreso en la Academia de Bellas Artes de San Carlos de Valencia.* Valencia: Imprenta F. Domenech.

Simó, Trinidad. 1983. *Valencia centro historico. Guía urbana y de arquitectura.* Valencia: Institución Alfonso el Magnanimo. Diputación Provincial de Valencia.

Villalmanzo Cameno, Jesús. 1990. *Libre de Ordenacions de la Almoyna e Confraria del Offici dels Fusters.* Valencia: Javier Boronat Editor.

Logros técnicos alcanzados por la ingeniería romana en la construcción de puentes viarios de Hispania

Manuel Durán Fuentes

La construcción de obras públicas en los territorios bajo el poder romano fueron imprescindibles para el desarrollo y el mantenimiento de la amplia y compleja administración que, con el ejército al frente —ejemplo de preparación y disciplina— se impuso en una gran extensión. Con especial atención cuidaron sus infraestructuras viarias construidas por una ingeniería muy desarrollada que utilizó parámetros y conceptos muy parecidos a los actuales, donde la comodidad del viajero, la facilidad de la rodadura y la velocidad eran condicionantes fundamentales de diseño. La elección correcta de los corredores territoriales, la rectitud del trazado, la eliminación de obstáculos naturales gracias a grandes desmontes en roca e incluso túneles, la limitación de las pendientes longitudinales, la amplitud de la calzada, el desarrollo de firmes muy elaborados con capas granulares superpuestas y el especial cuidado del drenaje de las escorrentías,

También construyeron importantes de obras de fábrica que, además de ser necesarias y útiles, fueron, en muchas ocasiones, símbolos de la *maiestas imperii* y la *publica magnificentia* del pueblo romano, y que el paso del tiempo las ha convertido en paradigmas de obras bien construidas.

Avances técnicos de diseño y construcción de los puentes romanos de *Hispania*

El alto nivel técnico en la construcción de puentes se debe a los avances técnico-constructivos que alcanzaron en los ámbitos del diseño, de la implantación sobre el terreno y de concepción y ejecución estructural. A continuación exponemos algunos de ellos:

Elaboradas disposiciones formales

Las tipologías de los puentes hispánicos pueden estudiarse desde tres puntos de vista: composición, funcionalidad y belleza.

En la composición de estas obras apreciamos, en primer lugar, el gusto de los constructores romanos



Figura 1
Alzado aguas arriba del Ponte Bibei en Ourense (Foto de J. Laurent, 1858–1870)

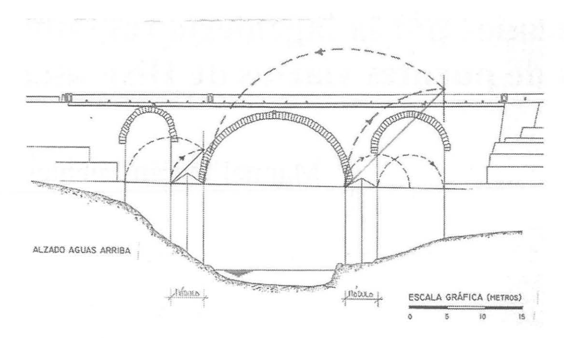


Figura 2
Interpretación hipotética del diseño de Ponte Bibei

por la simetría formal que le dieron a un buen número de ellas; en segundo lugar, también se aprecia la utilización de un módulo dimensional en el diseño de toda la obra, como por ejemplo en el Ponte Bibei donde pudo emplearse el espesor de las pilas como módulo de toda la obra (figura 2); finalmente emplearon la relación del número áureo entre dos de las medidas principales del puente, pero de un modo escaso, pues en Hispania de treinta y siete puentes conservados solo en los puentes Freixo y Alcántara se ha hallado esta relación.

La funcionalidad se refleja en la sabia utilización de las tipologías que variaban con la forma del valle: en los cerrados dispusieron puentes de plataforma horizontal, con altas bóvedas y pilas estrechas para facilitar el desagüe (Alcántara, Bibei, Segura, Martorell, etc.); por el contrario en los valles amplios, llanos y con cuencas de inundación muy amplias, los construyeron con una plataforma horizontal o ligeramente inclinada, con muchos arcos bajos y pilas macizas, que le daban una gran inercia estructural para soportar la acción destructora de los rebosamientos de las riadas por encima del puente (Salamanca, Mérida, Albarregas, Ponte da Pedra, Chaves, etc.).

La sobria belleza que desprenden, en general, los puentes romanos es una consecuencia de la correcta disposición formal y estructural de la obra, que la dota de una armonía compositiva que incrementaron con la rusticidad del almohadillado, y la clara ordenación de sus elementos compositivos —cepas, arquería y plataforma- separados por cornisas hábilmente dispuestas.

Buenas implantaciones desde el punto de vista topográfico y geotécnico

En una buena parte de los puentes de Hispania se aprecia que el motivo fundamental de su conservación se debe al hecho de estar bien cimentados sobre los afloramientos rocosos localizados en los tramos más estrechos de los ríos; esta circunstancia no solo les aseguraba la estabilidad de la obra sino que también era del menor tamaño posible. Sin duda ésta era una condición buscada pero no siempre satisfecha, en cuyo caso la cimentación se realizaba en suelos granulares, más o menos compactos, con lo que eso suponía por el peligro de la socavación de las cepas. Estos terrenos más flojos tienen el peligro de que se compriman bajo las cargas y que se produzcan asientos no uniformes con los consiguientes daños en la estructura. Estos asientos están relacionadas directamente con las tensiones que llegan al terreno, que, por fortuna para estas obras, suelen ser relativamente bajas y casi siempre menores a la admisible del terreno. El peligro de asientos por tanto también es reducido, salvo que los terrenos tengan una capacidad portante muy baja. Para tener un orden de magnitud de estos valores, hemos elegido la pila central del puente de Alcántara, una de las obras de mayor tamaño del Imperio, cimentada, con gran acierto por su constructor, en un crestón de dura roca pre-cámbrica esquisto-grauváquica (arenisca) que aflora en la zona y donde están las mejores condiciones geotécnicas, con una resistencia que puede llegar a los 7.000 t/m^2. La carga total que llega a la cimentación de la citada pila, es de 10.600 toneladas, y las tensiones transmitidas son de

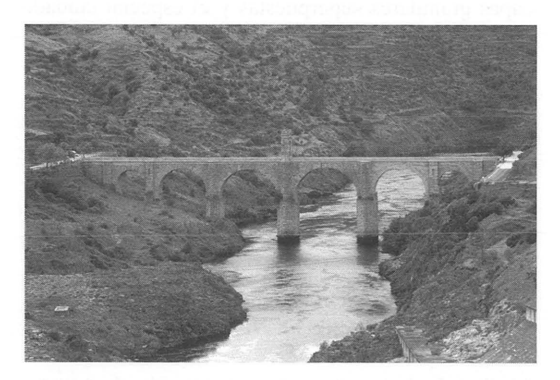


Figura 3
Alzado aguas arriba del puente de Alcántara (Cáceres)

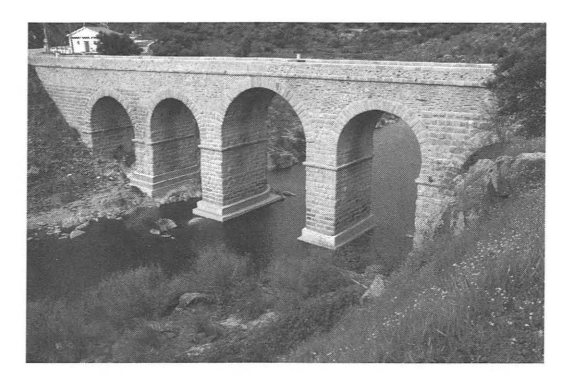


Figura 4
Alzado aguas abajo del puente de Segura (fotografía 2008)

unos 160 t/m^2, valor muy reducido si lo comparamos con la resistencia a compresión del terreno.

Sin embargo, aunque los ingenieros romanos localizasen las mejores zonas del río para cimentar con garantía un puente, había otros motivos que podían suponer su ruina parcial o total, como era el carecer de una capacidad de desagüe suficiente para las grandes crecidas, el derrumbe de los muros de acompañamiento o tímpanos por carecer del espesor suficiente para contener el relleno, o el colapso de los arcos por la formación de un número de rótulas determinado que los convierten en un mecanismo. Un ejemplo de obra con un insuficiente desagüe es el antiguo puente romano de Segura, dañado en 1565 por una gran crecida del río Erjas, que se llevó por delante la parte central de su arquería —tres arcos y dos pilas— a pesar de las excelentes condiciones de su cimentación. Los maestros canteros que lo reconstruyeron, cuatro años más tarde, manifestaban en sus informes la idoneidad del lugar, pues no hay «mejor sitio ni donde más convenga a la república e comarcas» para la reconstrucción del puente (Gimeno 1997, 196–97). El puente fue reconstruido en el mismo sitio, de un modo satisfactorio que le ha permitido conservarse hasta nuestros días.

La exactitud de los replanteos topográficos y el rigor geométrico en la construcción de las obras

Los topógrafos romanos alcanzaron una gran precisión en el replanteo de las reducidas pendientes de los canales de abastecimiento de agua a las ciudades o a las explotaciones mineras, y también en el exactitud constructiva de los puentes. Esta calidad de sus ejecuciones se explica si admitimos el empleo de instrumentos topográficos, similares a los actuales teodolitos, dotados de lentes de una buena calidad óptica.

En algunas obras hemos encontrado marcas de replanteo, como las cruces realizadas en los arranques de algunas bóvedas del puente de Mérida, grabadas en el enlosado de cimentación, que señalan el lugar exacto de colocación de los salmeres y que, después de los siglos transcurridos, todavía se hallan en sus posiciones originales.

Otro buen ejemplo de precisión topográfica son las seis bóvedas de medio punto de la Ponte Velha de Vila Formosa (Portugal), que conservan una casi perfecta geometría semicircular después de soportar durante centenares de años el tránsito rodado, la acción de las crecidas y los movimientos sísmicos acontecidos en la zona, como el famoso terremoto de Lisboa de 1755, que tanta repercusión tuvo en toda la Península. Esta exactitud geométrica nos sorprendió, cuando en 1996 hicimos un levantamiento topográfico del puente con estación láser, y comprobamos que los intradós de todos sus arcos mantenían la directriz semicircular original y que sus centros teóricos estaban prácticamente a la misma cota, con una diferencia máxima entre ellos de 11,7 centímetros. Sin duda estos datos son el reflejo de una precisión de replanteo y de una excelente técnica constructiva de una gran puente de 120 metros de longitud y sus arcos unos 9,00 metros de luz.

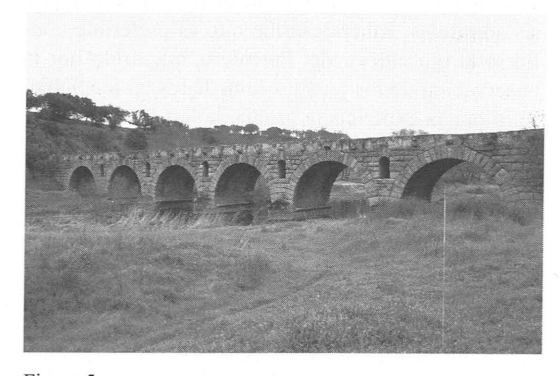


Figura 5
Alzado aguas arriba de la Ponte Velha de Vila Formosa (Portugal)

Algunos éxitos en la capacidad de desagüe

La gran mayoría de los puentes romanos hispánicos se halla en las cuencas vertientes al Atlántico, mientras que son muy escasos en las del Mediterráneo. Esto se debió, muy posiblemente, al carácter torrencial de los ríos orientales ya que en sus cuencas se producen fenómenos meteorológicos estacionales, como la llamada «gota fría», con intensas precipitaciones que originan grandes avenidas que los antiguos puentes no han podido resistir.

Hasta la segunda mitad del siglo XX la ingeniería civil no desarrolló formulaciones teóricas acertadas para diseñar, con relativa seguridad, el desagüe de un puente para una determinada avenida. La incertidumbre que hasta entonces hubo solo pudo ser aminorada por antiguas recomendaciones de carácter general. Ante este problema compositivo el ingeniero romano debió de disponer de unos conocimientos empíricos muy limitados, que desconocemos ya que de ellos no trataron los autores clásicos como Vitrubio, Plinio o Frontino. Fue en el Renacimiento cuando se publicaron las primeras recomendaciones prácticas sobre la disposición y construcción de puentes, pero es en el siglo XVIII cuando aparecen los primeros planteamientos científicos para la solución del problema. Todavía bien entrado el siglo XX, los libros técnicos reflejaban la desconfianza que provocaban las incipientes teorías hidráulicas de la época, como al ingeniero español Eugenio Ribera, que escribía que «todas ellas parecen algún tanto fantásticas». Ante las discrepancias de criterio sobre las fórmulas hidráulicas empíricas aplicables a una determinada ubicación y la inexactitud de las hipótesis admitidas, Ribera escribe que es preferible confiarse al ojo clínico del ingeniero, adquirido por la observación de los puentes inmediatos, si los hubiese, o por la experiencia propia, aplicada a cada emplazamiento.

Este lento desarrollo histórico del conocimiento de la interrelación cuenca-pluviometría-avenida-obra, que posibilitó el cálculo del desagüe de un puente, nos induce a pensar que el arquitecto romano pudo tener un nivel muy similar al que tenía el ingeniero del Renacimiento, con conocimientos empíricos que les limitaba al ajuste de unos modelos predeterminados a la topografía de cada emplazamiento en función del conocimiento previo de los niveles alcanzados por las mayores avenidas, y a la construcción de ciertos elementos compositivos que favorecían el comportamiento hidráulico del puente.

En algunos casos, como en el puente de Alcántara, el arquitecto Lacer acertó con el diseño y la construcción, al disponer las bóvedas a unas alturas que le permitió superar las grandes avenidas del Tajo, quizá gracias a una acertada información previa sobre los niveles alcanzados. En algunos planos del XVIII del puente, por ejemplo el del ingeniero Sánchez Taramas, está marcado el nivel de la avenida máxima conocida por debajo de las claves. Con los procedimiento de cálculo actuales hemos comprobado que la avenida para un amplio periodo de retorno, superior a los 500 años, pasa por debajo de la arquería.

Parece que algo similar pudo suceder con la construcción de otros puentes esbeltos de Hispania, construidos en valles estrechos, como el Bibei o el Segura. Realizados los análisis del comportamiento del río bajo sus respectivas arcadas para un período de retorno grande, se comprueba que las avenidas pasan sobradamente por sus huecos. A pesar de ello, ya hemos comentado que el puente de Segura sufrió importantes daños en el siglo XVI, debido, muy probablemente, a la acumulación de árboles arrastrados por el río en las pilas, que provocaron un demoledor «efecto presa» que derribó parte de su fábrica.

En valles llanos e inundables, los puentes fueron construidos con una gran inercia y macicez, con numerosos arcos bajos y pilas amplias, que posibilitaron su conservación a pesar de ser rebasados por las grandes riadas. Ejemplos de este tipo de puente son los de Lugo, Chaves, Pedra, Salamanca, Albarregas,

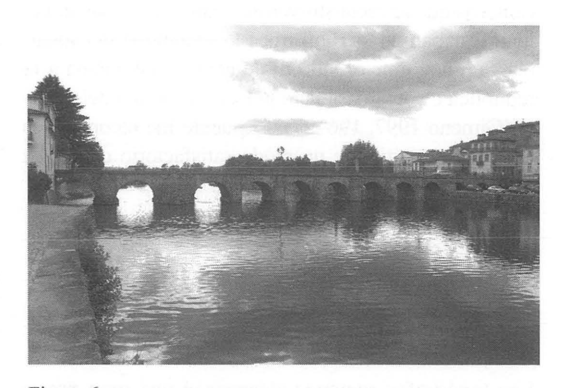


Figura 6
Alzado aguas arriba de la Ponte de Chaves (Portugal)

Velha de Vila Fermosa, Ponte de Lima y un tramo del de Mérida. Si estudiamos los comportamientos hidráulicos de sus respectivos ríos para una gran riada, vemos que pasaría por encima en todos ellos. Sin duda este rebosamiento provocaría daños sobre todo en la plataforma con arrastre de pretiles y arranque del pavimento. Los estribos y sus muros eran también puntos débiles en este tipo de puentes, así como los tímpanos, mientras que la arquería soportaba mejor los efectos devastadores de las riadas. Las fábricas actuales de todos estos puentes nos muestran estos daños en las reconstrucciones que presentan.

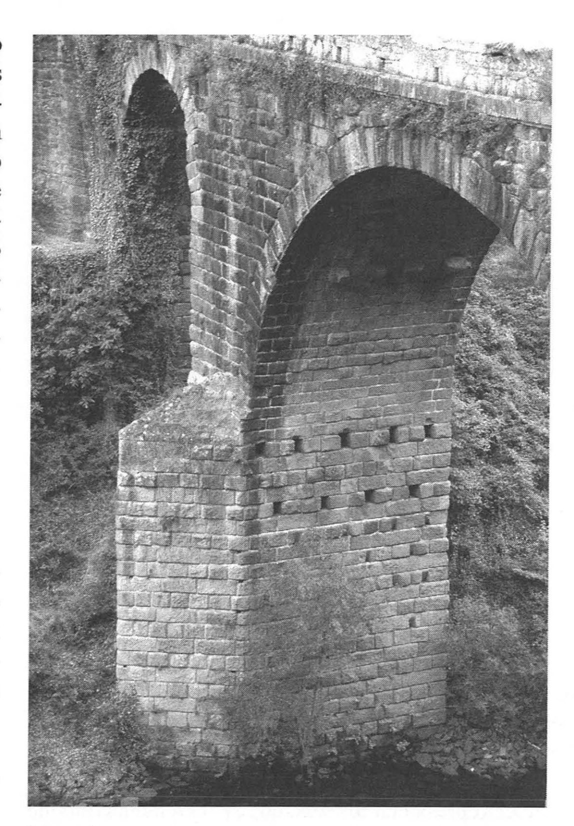


Figura 7
Tajamar triangular del Ponte Bibei (Ourense)

Desarrollo de elementos constructivos para mejorar el comportamiento hidráulico del puente

Los ingenieros romanos dispusieron elementos constructivos que mejoraban el comportamiento hidráulico del puente, sobre todo cuando los ríos bajaban crecidos, pues disminuyen la formación de perturbaciones o torbellinos que pueden provocar la peligrosa socavación de la base de las cepas.

En primer lugar destacamos los tajamares, cortaaguas que acoplaron a los frentes de las pilas, generalmente con plantas triangulares y, en ocasiones, circular. De diecisiete puentes de Hispania que conservan tajamares, en el 76 % tienen planta triangular y el resto —cuatro— son de directriz circular. Otro tipo de planta, la ojival, es muy escasa a pesar de que es la más eficaz; solo la hemos visto en el puente tunecino de Chemtou, cuyas pilas tienen el tajamar y el espolón con esa planta.

Son pocos los puentes conservados con pilas dotadas de espolones a pesar de su eficacia para reducir el riesgo de socavación. Los que se conservan suelen tener planta semicircular, como en los puentes Fabricius en Roma, de Augusto en Rímini o en el romano-bizantino sobre el río Afrin en Siria. El único puente hispánico que tiene espolones de planta rectangular, es el de Alcántara, pero creemos que fueron construidos más por motivos resistentes que hidráulicos.

Desconocemos si en el contorno de las pilas y bajo los arcos de los puentes romanos cimentados en suelos granulares se realizaron zampeados o enlosados para evitar la socavación. En Hispania se ven enlosados en un tramo del puente de Mérida, con sus piezas asentadas en una gruesa capa de hormigón, que posi-

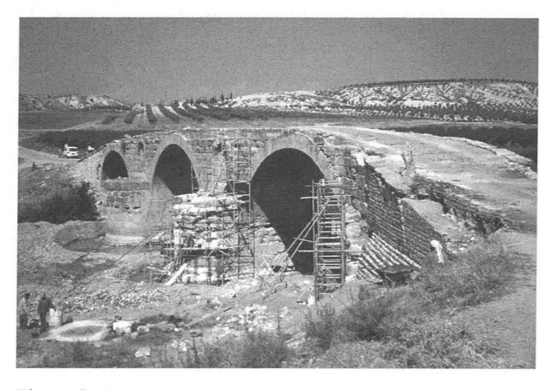


Figura 8
Espolón circular del puente sobre el río Afrin (Siria)

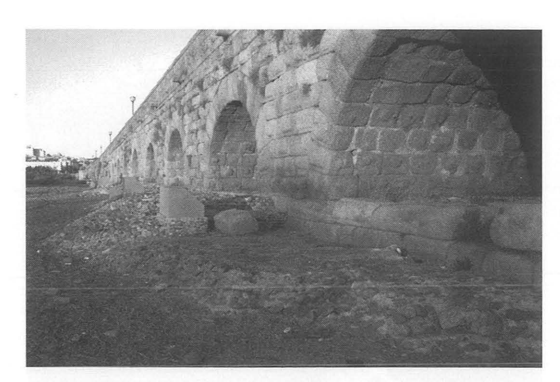


Figura 9
Enlosado y base de hormigón en el puente de Mérida

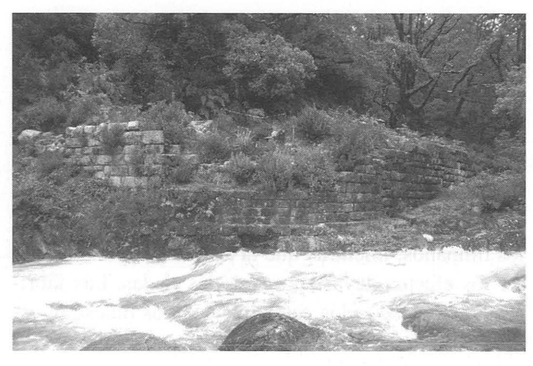


Figura 10
Aletas del estribo derecho del Ponte de San Miguel (Portugal)

blemente no eran para evitar la socavación sino que formaban parte de su cimentación. Bajo otros arcos del mismo puente hay este tipo de enlosados que proceden de la ampliación de la arquería central en el siglo XVII. También se conservan enlosados en los puentes de Chaves y Ponte de Lima, pero también las consideramos de épocas más tardías.

Los puentes, considerados como muros con agujeros (las bóvedas), provocan irremediablemente un «efecto presa» en los ríos, que se incrementa durante las crecidas. Esta circunstancia llevó a los ingenieros romanos a aumentar el desagüe, sobre todo en los muros verticales que se enfrentan, con su opacidad, a la corriente del río. De este modo surgieron los arquillos de alivio o desaguaderos de pilas y estribos, que por su eficacia siguieron construyéndose posteriormente. Además de este efecto hidráulico beneficioso también conseguían aligerar el peso muerto de la pila, y con ello las tensiones sobre el terreno de cimentación. Los puentes republicanos de la ciudad de Roma, Ponte Emilio, Milvius (109 a.C.) y Fabricius (62 a.C.), ya se construyeron arquillos de desagüe en los tímpanos de sus pilas.

También hay pequeños desaguaderos adintelados en los estribos en los estribos, pero son menos frecuentes, ya que solo se conservan en los puentes de Albarregas y el portugués Ponte de Pedra. En ocasiones estos desaguaderos eran de mayor tamaño y estaban cubiertos por bóvedas, que dio lugar a una tipología de puente que se conserva en el puente Pedriña (Ourense) y en el del Diablo de Martorell (Barcelona). Es posible que el puente portugués de San Miguel también la tuviese.

Interesante, desde el punto de vista hidráulico, es la construcción de muros de encauzamiento, mayoritariamente del lado aguas arriba, que canalizaban las aguas bajo los arcos. Gracias a su buena trabazón conseguida por la disposición de hiladas alternas de sillares colocados a soga y a tizón, grapados entre sí, son numerosos los puentes que los conservan (Diablo de Martorell, Pedriña, Navea, Bibei, la alcantarilla burgalesa de San García, Arquinho, Alcántara y Pertusa). Solo el puente portugués de San Miguel posee aletas tanto del lado aguas arriba como del de aguas abajo.

Empleo de arcos rebajados

Los ingenieros romanos consiguieron con las bóvedas una excelente forma arquitectónica, ampliamente utilizada por su eficacia y belleza. Las construyeron mayoritariamente con forma semicircular o de medio punto, a pesar de que no es una buena directriz para la estabilidad de los puentes al no ajustarse a la curva antifunicular de las sobrecargas más frecuentes; en cambio las bóvedas con directriz circular rebajada, se adaptan mucho mejor. Por supuesto que este hecho no era conocido por los ingenieros romanos, pero su probada experiencia constructiva les permitió intuir las ventajas y desventajas del rebajamiento de los arcos. Los puentes de San Lorenzo, Corvo, Molino y Tadi conservados en la ciudad italiana de Padua, son algunos de los ejemplos de obras romanas con bóvedas de un rebajamiento como el de San Lorenzo francamente es-

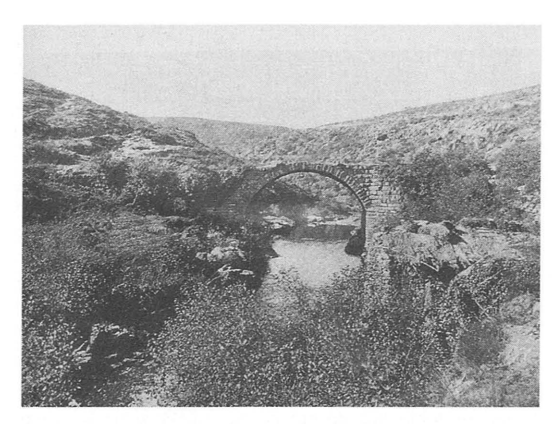


Figura 11
Alzado aguas arriba del Ponte Pedriña de Ourense. (Foto publicada por S. Alvarado)

pectacular —tratándose de un puente tardo republicano— del orden de 1/5 de la luz de arco (recordemos que el arco de medio punto esta relación es 1/2). Otros puentes rebajados conservados en otras zonas del territorio romano son el Ponte de Pietra en la ciudad italiana de Aosta con un rebajamiento de 1/3,5, y otro cerca de la ciudad turca de Limyra, muy largo, con veintisiete arcos de doble rosca de ladrillo y con un asombroso rebajamiento, para la época, de 1/5,3. En Hispania se conocen dos puentes con arcos rebajados, el de Alconetar con valores entre 1/3 y 1/4,5, y el Ponte Pedriña (Ourense), que gracias a la cartografía localizada en el archivo del arquitecto Pons Sorolla (Castro 2007), sabemos que tenía un rebajamiento de 1/2,75.

Las ventajas de los arcos rebajados frente a los semicirculares se concretan en su mejor estabilidad estructural al alojar con mayor facilidad en su interior las líneas de empujes generadas por las cargas y en la circunstancia de necesitar un menor espesor de rosca para realizar este cometido. En cuanto a las desventajas de estos arcos es que su empuje sobre los estribos tiene una mayor componente horizontal, por lo que es necesario aumentar los apoyos de tamaño para equilibrarlo.

Adelgazamiento de las pilas

La pila puede trabajar, en función de su espesor, como estribo o como apoyo de las dos bóvedas que la apuntalan al resto de la obra. En general los romanos las construían bastante anchas para que, en el caso de que una bóveda se cayera, funcionaran como estribos y soportaran, sin volcar, los empujes desequilibrados provocados, y evitar el «efecto dominó» de ruina en el resto de la arquería. Para conseguirlo le daban un espesor que variaba entre 1/2 y 1/5 de la luz de los arcos. En Hispania las pilas de los puentes conservados tienen un espesor medio de 1/2,75 de la luz.

Sin embargo en una zona concreta del antiguo territorio de Roma, en la ciudad romana de Patavium, la actual Padua, como ya hemos visto se construyeron varios puentes con bóvedas rebajadas apoyadas en pilas muy estrechas, de gran esbeltez, cuyo espesor tenía una relación con las luces de las bóvedas contiguas, que iban desde el 1/5,5 del puente Altinate hasta el excepcionalmente bajo 1/8,1 del puente de San Lorenzo, construido entre el 40 y el 30 a. C. (Galliazzo 1971). Para ver puentes con una tipología parecida hay que esperar al siglo XVIII cuando el ingeniero francés Jean-Rodolphe Perronet construyó puentes similares, con pilas estrechas, con la clara intención de ahorrar material e incrementar el desagüe. Conocía los ejemplos romanos de Padua y Vicenza que cita en su tratado sobre la construcción de puentes del siglo XVIII, por lo que no sería extraño que le hubiesen servido como modelos.

La mayor estrechez de la pila exige que se cimbren, se construyan y se descimbren todas las bóvedas a la vez pues si no se hiciese así, en el momento del descimbrado, las pilas recibirían empujes desequilibrados de las bóvedas que no podrían contener y provocarían su ruina. Este tipo de pila es estable siempre que los empujes se contrarresten entre ellos.

La calidad estructural de las fábricas

El ingeniero Sánchez Taramas, traductor del «Tratado de fortificación» de J.Müller, publicado en 1769, recomendaba, en la mejor tradición romana, que en la construcción de puentes se empleasen hiladas alternas de sillares a soga y tizón, rellenos de mampostería con mezcla de puzolana y grapas de hierro o bronce emplomadas para «mejor unión y firmeza de la Obra, principalmente la que siempre ha de permanecer debaxo del agua». Estas disposiciones resistentes las pudo observar en el puente de Alcántara —que estudió con detalle— y que, sin duda, han sido muy im-

portantes en la conservación de éste y otras muchas obras romanas que resistieron los embates de las grandes avenidas.

Los criterios que debe cumplir una estructura, según la moderna teoría de cálculo de estructuras, son la resistencia, la rigidez y la estabilidad. Los dos primeros se cumplen sobradamente en las estructuras de fábrica, y es el tercero, el de la estabilidad, es el que deberán satisfacer para asegurar su permanencia en el tiempo.

La mayor parte de los puentes romanos conservados son, en realidad, una acumulación ordenada de piedras aparejadas en seco. Ya en el siglo XIX se dieron cuenta que las fábricas formadas por piedras aparejadas sin capas de mortero, tienen una resistencia inferior a la de la piedra pero mayor a las realizadas con ellas. De aquí se deduce que los romanos, al colocar la sillería a hueso con juntas finamente labradas que facilitaban un contacto íntimo entre las piezas, consiguieron una fábrica con una resistencia próxima a la de la propia piedra.

Normalmente esta sillería soporta unas tensiones de trabajo muy bajas e inferiores a la resistencia a la rotura a comprensión de la piedra. Los ingenieros del XIX aconsejaban que la sillería trabajase entre la cuarta parte (en los grandes viaductos) y la décima parte de la resistencia a la rotura de la piedra. Hemos calculado las mayores tensiones de trabajo en la sillería de los dos puentes más esbeltos de Hispania: en el de Alcántara se han obtenido presiones de trabajo de 21 kg/cm^2 y en el Bibei del orden de 7 kg/cm^2, valores muy bajos para la piedra granítica de ambos, que podría soportar, sin romperse, tensiones iguales o mayores de 600 kg/cm^2.

Para cumplir el criterio estructural de la rigidez, los ingenieros romanos construyeron fábricas bien trabadas, sobre todo las partes más expuestas del puente como eran las cepas. Para ello utilizaron, fundamentalmente dos sistemas o disposiciones constructivas:

- En primer lugar utilizaron grapas o espigos de madera dura o hierro para enlazar los sillares entre sí, introducidas en huecos practicados al efecto y emplomado su contorno para su sujeción. Un sistema muy empleado en las obras romanas son las grapas con forma de doble cola de milano, ya utilizadas en la construcción de Oriente Próximo. Hemos visto grapas de esta forma entre sillares del Palacio de Darío en Persépolis, en la ruinas de la egipcia Saqqara y en los templos de Luxor, Edfú y Kom-Ombo. En un templo ptolemaico de este último lugar todavía se conserva una grapa de doble cola de milano de madera de sicómoro.
- El segundo sistema consistió en la disposición alterna de hiladas de sogas y tizones en los paramentos de las cepas, posiblemente copiado de la construcción egipcia o griega, donde pudo surgir al tratar de imitar en las fábricas de piedra los sistemas empleados en la construcción con troncos de madera. El historiador italiano Lugli lo ha denominado «sistema romano» por su frecuente presencia en el *opus qvadratum* de muchas obras.

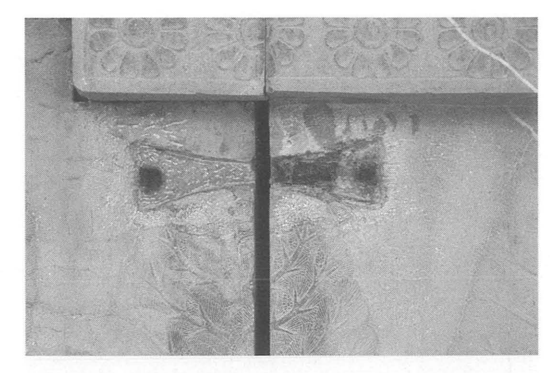


Figura 12
Grapa de doble cola de milano en el Palacio de Darío en Persépolis (Irán)

En la rigidez de la fábrica también intervenían los diferentes tipos de rellenos ejecutados. No siempre conocemos sus características originales pero si sabemos que fueron de tres tipos: de materiales granulares, de sillería y de hormigón de cal. Los dos últimos materiales prácticamente conseguían rigidizar toda la obra, disminuyendo los riesgos de que ocurran fenómenos de inestabilidad.

Para mejorar y asegurar la estabilidad de las bóvedas de sus puentes, los ingenieros romanos recurrieron a diversos recursos constructivos. La estabilidad está vinculada a la forma y a que la línea de empujes pase por el interior de la rosca; en las bóvedas más habituales, las de medio punto, tiende a salirse fuera de ella por la parte inferior. Y para conseguir que

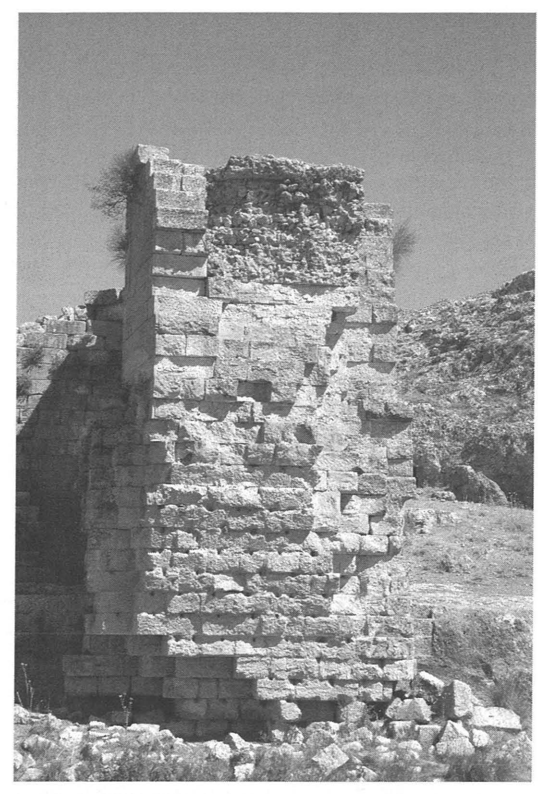


Figura 13
Rellenos de sillería y hormigón de una pila del puente Göksu (Turquía)

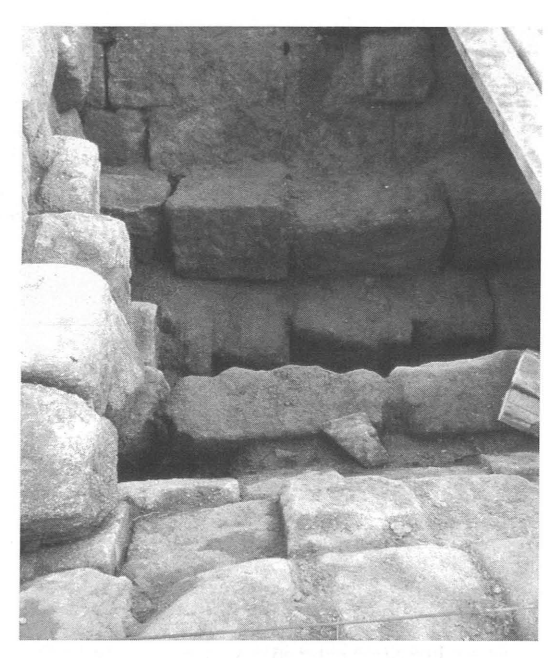


Figura 14
Segunda rosca interior del Ponte Freixo (Ourense)

este hecho no produjese la articulación de las bóvedas (la formación de cuatro dovelas provoca el colapso de cualquier arco) utilizaron diversos sistemas, gracias a los cuales no suelen verse rótulas en las bóvedas romanas, a diferencia de las medievales y modernas. En general esta ausencia de articulaciones se debe a que las bóvedas tienen el suficiente espesor para alojar en su interior las posibles líneas de empujes, y por estar bien estribadas. A pesar de ello se mejoró la estabilidad con varias soluciones: Una de ellas consistía en darle a la bóveda un espesor uniforme en todo su ancho e incluso incrementarlo con macizados interiores que colaboraban en el paso de los empujes hacia la cimentación. Otra solución consistió en darles este mayor espesor construyendo dos roscas concéntricas, muy utilizada en puentes del norte de Italia y sur de Francia; en Hispania solo el puente de Alcántara tiene este dovelaje doble. Una tercera solución se detectó en 1988 en el Ponte Freixo, y consiste en el simple arrimo de una segunda rosca interior por debajo de riñones.

Otra variante es la que tiene el puente de Ponte de Lima en Portugal, formada por muros longitudinales de pequeña altura en el interior de los tímpanos que arriostran las bóvedas entre sí. Un sistema similar se empleó, según el profesor italiano Galliazzo, en las bóvedas del Ponte Cestius de Roma. Finalmente otro sistema adecuado era la colocación de dovelas de mayor tamaño en la parte baja de los arcos, apreciable en los puentes de Caparra (Cáceres) y Chaves (Portugal).

El engatillado en el dovelaje

Una disposición constructiva de las bóvedas asociada al incremento de su capacidad para soportar mejor los desplazamientos, es la disposición de engatillados en las juntas de las dovelas. Es más abundante en los arcos planos o dinteles adovelados construidos principalmente en las puertas de algunos edificios como



Figura 15
Arco engatillado del puente de Villa del Río (Córdoba)

el Palacio de Diocleciano en Split o el teatro de Orange, o en las puertas de las murallas de la antigua ciudad de *Tarraco*.

En lo que respecta a arcos romanos con dovelas engatillados solo conocemos los que tiene la Tumba romana-bizantina de Teodorico en Ravena de época bizantina, y las bóvedas de los puentes de Villa del Río y Los Pedroches, ambos en Córdoba. Estos puentes han sido considerados tradicionalmente como romanos, pero la falta de otros ejemplos en todo el imperio y el hecho de que esta zona estuvo bajo dominio del Califato de Córdoba, nos ha hecho dudar de sus orígenes romanos y pensar en que sean reconstrucciones de época árabe-andalusí, ejecutadas con técnicas bizantinas, sobre antiguas cimentaciones de indudable filiación romana.

BIBLIOGRAFÍA

Adam, J.P. 1996. *La construcción romana. Materiales y técnicas*. León: Editorial de los Oficios.

Alvarado, S.; Durán, M.; Nárdiz, C. 1989. *Puentes Históricos de Galicia*. Santiago.

Castro Fernández, B.M. 2007. «Las actuaciones del arquitecto Francisco Pons Sorolla en Galicia». Tesis sin publicar. Santiago.

Choisy, A. [1873] 1999. *El arte de construir en Roma*. Madrid: CEHOPU-Instituto Juan de Herrera.

Durán Fuentes, M. 2005. *La construcción de puentes romanos en Hispania*. 2ª Ed. corregida y aumentada. Xunta de Galicia. Santiago.

Durán Fuentes, M. 2006. «Estudio sobre las bóvedas de los puentes romanos». *Actas del III Congreso de las Obras Públicas Romanas*. Astorga.

Fernández Casado, C. 1980. *Historia del puente en España. Puentes Romanos*. Madrid: Instituto Eduardo Torroja.

Galliazzo, V. 1971. *I ponti di Padova romana*. Padua: Ed. Dott. Antonio Milani.

Galliazzo, V. 1995. *l ponti romani*. Venecia: Edizione Canova.

Gazzola, P. 1963. *Ponte Pietra a Verona. Ponti Romani*. I-II. Florencia: Leo S. Olschki Editore.

Gimeno Pascual, H. 1997. «Obras de reedificación del Puente de Segura sobre el río Eljas en el siglo XVI». *Conimbriga, XXXVI*. Facultade de Letras. Universidade de Coimbra.

Heyman, J. 1995. Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica. Edición de Santiago Huerta Fernández. Instituto Juan de Herrera y E.T.S. de Arquitectura. Madrid.

Mendes Pinto, P. 1998. *Pontes Romanas de Portugal*. Associaçao Juventude e Patrimonio. Lisboa.

O'Connor, C. 1993. *Roman Bridges*. Cambridge University Press.

Realidad de la arquitectura y técnicas constructivas de los muros medievales en Roma y en Lazio (Italia). Reflexiones sobre la recuperación del *opus caementicium* romano

Daniela Esposito

Este trabajo desea proponer una reflexión sobre algunas de las características presentes en los muros de los edificios realizados en Roma y en el condado (*Districtus Urbis*) entre los siglos XII y XV, reconocidas a través de la observación directa de las mismas construcciones y del examen crítico de la documentación escrita.[1] En base a los ejemplos analizados, con particular atención a los casos con secciones de muros inalteradas por las intervenciones de consolidación o de recubrimiento externo a lo largo del tiempo, y en base a las fuentes relativas a los procesos de producción de las construcciones murarias, se propone una «lectura» del fenómeno de la reanudación de los modos de construcción propios de la época romana, en particular del *opus caementicium*, por parte de la práxis edilicia medieval durante el pleno y tardío medioevo en Roma. En el pleno y bajo medievo, en el área romana, de hecho existen estructuras murarias con rellenos de elevada cohesión interna (asimilables al *opus caementicium* romano) sustancialmente diferentes de aquellos propios de construcciones de la misma época en Lazio en las cuales los modos constructivos variaban del muro «a sacco» falto de cohesión entre paramentos distintos a estructuras más cohesionadas, pero diversas de las presentes en el área romana (figuras 1 y 2).[2] Tales observaciones son útiles, entre otras cosas, para constatar que a diversos tipos de estructura del muro corresponden con certeza comportamientos estáticos y mecánicos diversos. La utilidad de una profundización de la investigación relativa a la realización de un sistema murario está, de hecho, en la posibilidad de comprender los nexos existentes entre las modalidades prácticas de realización de un rellenado, su colocación en obra y el nivel de cohesión entre los elementos, en relación con las características estáticas y mecánicas de la misma estructura, con el sistema estático-estructural del edificio en su conjunto (entramado, bóvedas, cubiertas y demás) y con el proceso constructivo y la organización de la obra conectados a la realización de las estructuras murarias.

Los argumentos citados anteriormente pueden ser considerados los ámbitos principales, aunque no los únicos, interesados por la elaboración y por la interpretación de los datos deducidos por la observación de la realidad material de las obras arquitectónicas, de la «morfología constructiva» de las construcciones murarias. Se trata de datos referibles para las construcciones con relleno o con núcleo interno, a características como: la dimensión de las secciones murarias, los elementos que forman los paramentos (tipo, elaboración, corte, dimensiones y demás.), el tipo y la conformación del relleno (núcleo), la relación existente entre el espesor del núcleo, la profundidad de los elementos del paramento y la relación entre éstos y el espesor total del muro.

Tales características son el resultado de particulares modos de construir un muro, que reflejan un concepto, o sea, la «idea» de construcción y de su estabilidad, maduradas y filtradas a través de los conocimientos técnicos-científicos propios de cada época histórica y frecuentemente connaturales y di-

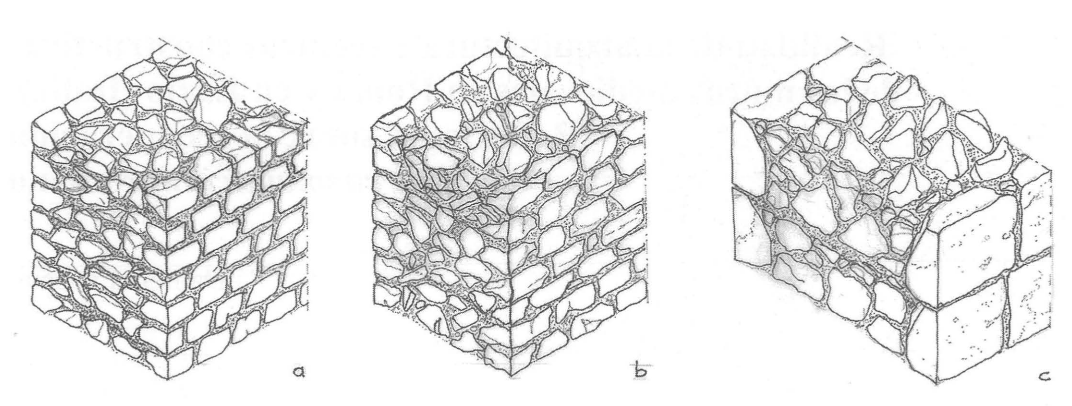


Figura 1
Tipología de las estructuras murarias entre finales del siglo XII y primeros años del siglo XV en Lazio: a) construcciones de hileras continuas de obra de cemento estructuradas (Roma, Malborghetto); b) construcciones a bancadas de obra de cemento de hileras horizontales y en parte comprimida (Genzano, Castello di San Gennaro); c) construcciones con bancadas entre las hileras con sillares y pequeños elementos lapídeos con colada de mortero inferior y cobertura del techo superior (Sutri, muro del poblado)

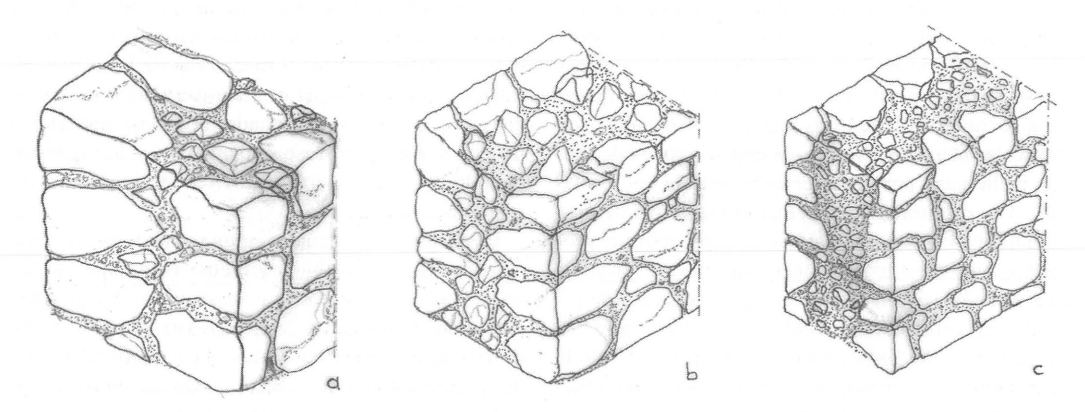


Figura 2
Tipología de las estructuras murarias entre finales del siglo XII y los primeros años del siglo XV en Lazio: a) construcciones con núcleo de piedras encajadas (Tolfa, roca); b) construcciones con núcleo constituido por elementos lapídeos comprimidos y argamasa (Montelanico, Castello di Montelungo); c) construcciones formadas por rellenado falto de cohesión entre paramentos externos (*«a sacco»*) (Anagni, Torre di Collegrosso)

fundidos dentro de ámbitos geográficos y culturales bien definidos. En este sentido, las técnicas constructivas son «signo» de la cultura de la época a la que pertenecen, testimonian relaciones con los conocimientos técnicos, con el territorio, con las ordenaciones geo-político-administrativas, económicas y socio-profesionales de la sociedad de su tiempo.[3]

La descripción de Vitruvio de los muros con núcleo de obras de cemento, constituidas por «tres elementos: los dos de las paredes frontales [*structurae crustae*] y el de hormigón en el medio», resulta bastante limitada respecto a la realidad material que los numerosos ejemplos de tales técnicas constructivas, contemporáneas al período en el cual Vitruvio es-



Figura 3
Roma, *Villa dei Quintili*: sección del muro construída con paramentos de ladrillos del *calidarium* del complejo termal de la villa

cribía, parecen testimoniar sobre todo respecto al carácter «monolítico» de la obra en cemento.[4] Está considerada como un conjunto constituido por material de configuración más irregular en la parte central e interna y por elementos lapídeos más o menos regulares en los citados paramentos, que no eran más que la partes terminales de la sección mural de obra de cemento y argamasa de puzolana (figura 3).[5]

La monoliticidad, perseguida en la estructura por bloques alternados y encajados de la obra cuadrada griega y romana, se perseguía en las estructuras con sólo ladrillos de la época romana a través de la disposición de los ladrillos en hileras horizontales. La obra con cemento buscaba el mismo resultado a través de una innovadora modalidad constructiva basada en la realización de un preparado de material lapídeo y argamasa puzolana, realizadas según modalidades operativas diferentes en los diferentes ámbitos geográficos y cronológicos.[6] Resulta diferente de hecho, a título de ejemplo, aunque en el ámbito del mismo tipo mural, el modo de construir en algunas estructuras presentes en Roma, en la *Villa dei Quintili*, y en Pompeyas. En la primera (siglo II d. C.), los muros son de obra de cemento estructurado, o sea a estratos horizontales, con hileras de ladrillos triangulares en los paramentos externos; tales ladrillos estaban colocados y resultaban vinculados en un *continuum* con la obra de cemento justo gracias a su conformación y a la argamasa que refluía en las dovelas laterales. En las estructuras murarias con núcleo de *coementa* y argamasa detectadas en la mayor parte de los edificios de Pompeyas, datados al menos un siglo antes de los de la *Villa dei Quintili*, es evidente, por el contrario, la tripartición vitruviana entre paramentos y núcleo interno; éste último resulta más de relleno que no estructural, apenas conexo a los dos paramentos, los cuales, revestidos de enlucido, sirven de armadura rígida de la estructura del muro.[7] En el caso de las termas de la Villa dei Quintili la monoliticidad de la obra de cemento parece buscada y obtenida a través de la superposición de estratos sutiles y horizontales de ladrillos o pequeños bloques lapídeos conformados en trapecio o en triángulos, como revestimiento, y de *coementa* (sillares de la misma dimensión de los elementos de los paramentos) y de argamasa puzolana de buena calidad en el interior del muro.[8] Así, la distribución de los esfuerzos y de las relativas reacciones mecánicas resulta difundida en modo uniforme en el conjunto compacto y estratificado.

Las modalidades constructivas cambiaron durante los siglos. En los ejemplos romanos de la alta edad media y de la plena edad media la estructura del muro con núcleo de obra de cemento era menos compacto y continuo de los ejemplos de la edad imperial; la calidad de las argamasas era, en general, mediocre, sobre todo por una inadecuada maduración de la cal. Entre la segunda mitad del siglo VIII y la primera mitad del siglo IX, en época carolingia, además de los muros de obra de cemento con paramentos de obra en hileras y ladrillos reutilizados con hileras onduladas, fueron utilizados sistemáticamente bloques de toba de grades dimensiones, tanto para realizar un tipo de muro que recordara el *opus quadratum,* como para realizar hileras o elementos aislados introducidos en construcciones de otra tipología. La reanudación de una técnica del pasado era posible por la facilidad de abastecimiento de los elementos para la construcción recuperados de los edificios antiguos, pero también era inducida por una voluntad evocadora y simbólica. En algunos casos los bloques constituían la completa estructura, como el caso de la casa

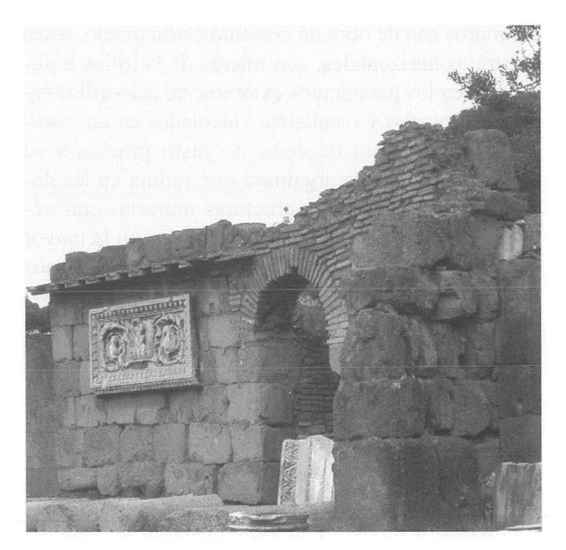


Figura 4
Roma, Foro romano:casa alto-medieval en el área del Foro de Nerva

con pórtico situada en el área del *Foro di Nerva,* en otros casos, generalmente de muros de gran espesor, el núcleo se constituía por bloques o por un conglomerado de cemento entre las hileras irregulares de los bloques a bancadas no estructuradas (figura 4).[9] Los muros carolingios testimonian, por lo tanto, una referencia clara de los ejemplos de edad romana, pero también representan la distancia conceptual y operativa del mismo modelo y de la «regla» constructiva romana.

El período que comprende la mitad del siglo XII y los primeros años del siglo XV, las costumbres constructivas de la cultura técnica de Roma estaban todavía en continuidad ideal y práctica con la tradición edilicia de la época romana. Una nueva organización del trabajo de construcción se desarrolló paralelamente a la realización de una tipología de disposiciones murarias impropiamente dichas «a sacco», más precisamente de obra de cemento aparejada o, en algunos casos, en parte aparejada, y en parte costipada que, como en el pasado, preveía, en la medida de lo posible la reutilización y el reciclo del material antiguo recuperado.[10] Se trataba, en síntesis, de tres tipos de muro que consolidaron su presencia en la construcción romana y en *Districtus Urbis*:

- muros con paramentos de ladrillos recuperados;
- muros con paramentos de obra listada de pequeños bloques lapídeos y ladrillos recuperados;
- muros con paramentos de pequeños bloques lapídeos en hileras horizontales (figuras 5–6).[11]

Este último tipo, que evocaba la tradición constructiva romana de la obra listada simple de pequeños bloques lapídeos, durante el siglo XIII, tuvo un desarrollo notable, por estar realizado con material lapídeo más fácilmente localizable (nueva extracción o recuperación) respecto a los ladrillos de recuperación.[12]

Las modalidades constructivas medievales fueron gradualmente abandonadas durante la primera mitad del siglo XV, cuando nuevos tipos murales se difundieron en Roma y en el distrito; éstos pertenecían siempre a la categoría de muros con rellenado de piezas lapídeas y argamasa, pero eran constituidas por paramentos con ladrillos de nueva producción a menudo enjalbegados, en sillares dispuestos en hileras irregulares, en general enlucidos y, en algunos casos, con revestimientos de bloques escuadrados.[13]

La técnica de construcción muraria de la baja edad media en Roma recuperó soluciones e intuiciones técnicas del sistema constructivo de los muros en cemento de la época romana y de sus relativos distintos paramentos, y también, en parte, la referencia según la cual estructurar la construcción.[14] Tal referencia puede ser interpretada como modelo arquetipal que incluye por sí mismo el principio estático-mecánico que origina la estructura, según las modalidades operativas compatibles con la organización de la obra medieval.

La recuperación medieval de la técnica constructiva en cemento estructurada con paramentos de pequeños bloques lapídeos, así como las demás técnicas contemporáneas en ladrillos y en listado, se llevó a cabo sustancialemente con la reelaboración de algunas tipologías constructivas de la obra de cemento romana según la mejor «regla de arte»: una especie de reelaboración, a la luz de las nociones técnico-científicas de la época, del modelo romano, del cual se volvía a proponer lo que fuera compatible con las posibilidades y las capacidades técnicas del momento (organización de la obra, sistemas de abastecimiento de materiales de construcción, recolocación y

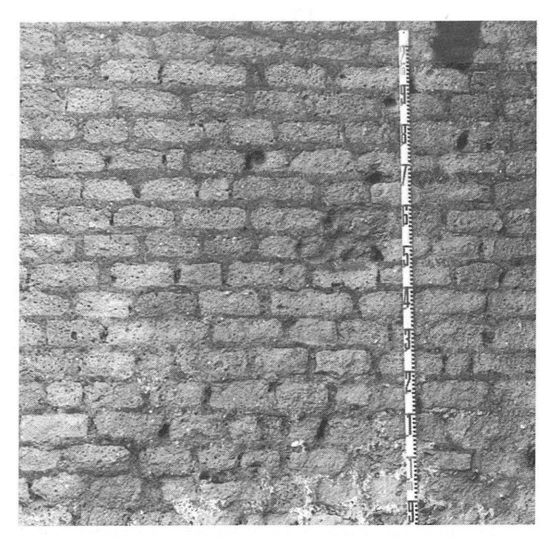


Figura 5
Roma, restos del poblado fortificado de Malborghetto (siglo XIII): enfoque del paramento en hileras horizontales de pequeños bloques lapídeos

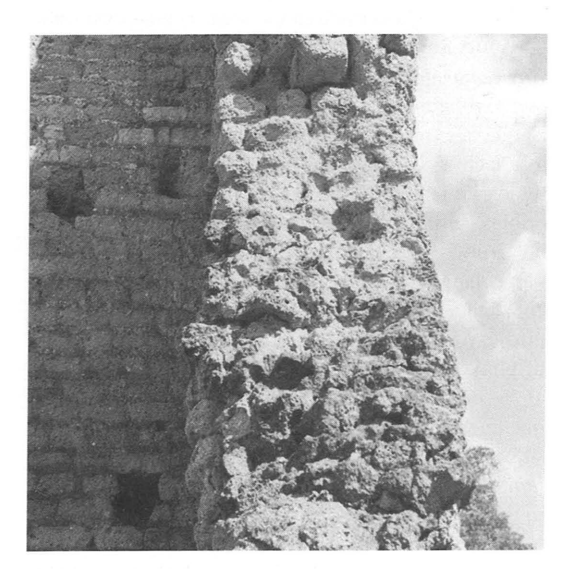


Figura 6
Roma, restos del poblado fortificado de Malborghetto: sección del muro (siglo XIII)

reciclado, capacidades manuales de las maestranzas, organizaciones socio-profesionales y su difusión en el territorio del distrito ciudadano). Tal reutilización se asociaba también con una voluntad de imitación de los muros con paramentos de ladrillos. Fueron, por lo tanto, vueltos a proponer: la regularidad de la estructura de los paramentos, el espesor limitado de los elementos de la construcción (ladrillos, pequeños bloques, sillares), la posición horizontal de las hileras tanto en los paramentos como en el espesor del muro, realizado por estratos sutiles sobrepuestos y horizontales de sillares lapídeos y argamasa, colocados en coincidencia con las hileras de los elementos de los paramentos.[15] La configuración de los pequeños bloques, era trapezoidal en la planta, como la de los ladrillos de reuso, y a dovela en sección vertical; esta forma favorecía la cohesión de la sección a estratos horizontales de la obra de cemento estructurada y, como para los ladrillos romanos, permitía la penetración de la argamasa puzolana en los vacíos entre dos pequeños bloques limítrofes.[16] También en los ejemplos medievales, como en los casos de la edad romana, algunos pequeños bloques de los paramentos estaban cortados con la forma de paralelepípedo y colocados «de cabeza» con el fin de aumentar el grado de cohesión y el engranaje con la obra de cemento estructurada.

En los ejemplos del Lazio, alejándose de la influencia ciudadana, con la disminución de la acción de las maestranzas y de la difusión de un conocimiento propiamente «romano», entre finales del siglo XII y primeros años del siglo XV la tipología de las técnicas constructivas parece modificarse como reflejo de un cambio de cultura, de mentalidad y de lenguaje que concernían conjuntamente aspectos arquitectónicos, técnico-científicos, económicos y socio-profesionales.[17]

Alejándose de Roma, en proximidad con los límites del condado ciudadano en el bajo-medievo, la técnica relativa al muro fue por lo tanto estructurada con modalidades diferentes en los diversos ámbitos geográficos y cronológicos.[18] En relación a los casos analizados, con referencia a los ejemplos romanos y del Lazio, las tecnologías individuadas se pueden, por consiguiente, resumir en:

- construcciones en hileras continuas de obra de cemento estructurada, típicas de las estructuras en el área romana (figuras 1a, 5–6);

- construcciones a bancadas de obra en cemento en hileras horizontales y en parte comprimida (figura 1b);
- construcciones con bancadas entre hileras con sillares y pequeños elementos lapídeos con colada de mortero inferior y de cobertura de techo superior, propios de los ejemplos difundidos en la zona de la Tuscia (figura 1c);[19]
- construcciones con núcleo de piedras encajadas, en general con espesores murarios contenidos entre unos 60 cm (figura 2a);[20]
- construcciones con núcleo constituído de elementos lapídeos comprimidos y argamasa, sobre todo en la zona de la Sabina y en el Lazio meridional) (figura 2b);[21]
- construcciones formadas de un rellenado falto de cohesión entre paramentos externos denominadas *«a sacco»* (por su función contenedora, «de saco») (figura 2c).

No se entra en las razones específicas que puedan haber condicionado los diferentes caracteres de las técnicas del muro en el área del Lazio entre los siglos XII y XV, entre las cuales pueden considerarse, junto a la posibilidad de abastecimiento y a las propiedades mecánicas de los materiales de construcción, las culturas técnicas propias de áreas de influencia meridional, oriental, longobarda, normando-suava y angevina. Se subraya más bien la peculiaridad de la técnica muraria, presente en el área romana, de obra de cemento estructurada con paramentos de pequeños bloques, de listados o de ladrillos, y la particular relación de ésta con las características de la antigua técnica relativa al muro de la edad romana en *opus caementicium*. Además es posible reconocer sobre todo por el modo diverso de estructurar los muros y en la identificación de los componentes del proceso constructivo —a través de la lectura de los paramentos, de su acabado y de las secciones—, el modo distinto de concebir la estructura muraria, su función y su comportamiento mecánico en el ámbito del entero organismo arquitectónico.

Las fuentes escritas reflejan un cuadro poco definido respecto a las modalidades y a las «reglas» del arte de la construcción mural para el área romana en el bajo-medievo: en el estado actual de los estudios, no se han hallado referencias directas para la industria de construcción capitolina y de su condado en el bajo medievo.

Algunos datos recuperables de dichas fuentes atañen aspectos específicos de la actividad constructiva, como la producción de la cal y el fenómeno, muy difundido, de la recuperación del material lapídeo y su consiguiente reciclado y reutilización en los muros de nuevos edificios, con referencia específica a la actividad de reducción de las piedras antiguas más grandes en pequeños elementos reutilizados en nuevas estructuras. Gran parte de las secciones murarias observadas están constituídas por elementos irregulares, fragmentos de material lapídeo recuperado en las antiguas fábricas y reciclado en la producción de cal o de cargas para la argamasa, o bien reutilizado. Tal material, por lo tanto, ha servido no sólo para realizar el armazón de los paramentos, sino, también, y sobre todo, para realizar la parte interna del muro.

En este sentido, se recuerda lo que se lee en la carta de Cencio de' Rustici a Francesco da Fiano (1416) acerca de la insensibilidad de los pontífices en relación con los monumentos antiguos, considerados símbolos del paganismo, y la reducción de estos últimos *aut in calcem aut in minutissimos lapillos* para la construcción de nuevos edificios.[22] Análogo testimonio se cita en la obra de Poggio Bracciolini cuando, en relación a las murallas aurelianenses y de sus estratificaciones murales, reconocía las estructuras añadidas a las romanas cuyos muros eran frágiles *ac putrides* y cuya estructura (*structura*) era constituida por un conjunto de piezas de mármol y ladrillos (*ex variis marmorum contritorum ac tegularum frustis conglutinata est*).[23] No es posible aseverar con certeza que la expresión *conglutinada* pueda estar referida a la técnica constructiva de obra de cemento estructurada de los muros medievales que Bracciolini describía. Resulta, en todo caso significativo el uso de un término que hace referencia a la composición de varias partes lapídeas vinculadas en un conjunto. Tal constatación podría sostenerse, en comparación, por otro tipo de estructura de muro. Un contrato del 1311 disponía la obligación de algunos constructores a realizar un trozo de la muralla de Rieti, más allá de la puerta de San Leonardo, con *faciem anteriorem ipsius muri de lapidibus aptatis et faciem interiorem de lapidibus non* aptatis.[24] El documento, además de demostrar la búsqueda constante de los comisionistas y los oficiales para reducir los costes de gestión, a través de una selección de las operaciones de elaboración y acabado de los elementos de la construcción, parece hacer referencia también a un modelo de es-

tructura de muro constituída por dos «caras», los paramentos externos e internos, y, por lo tanto, también por un rellenado. Una estructura, como resulta, de hecho, evidente en los restos de muro medieval de Rieti no unitaria y compacta como la del área romana.

La observación directa de los caracteres constructivos de los muros medievales en el área romana aporta un cuadro quizás mas rico de motivos interpretativos del ofrecido hasta ahora por las fuentes escritas, reconociendo los «rastros» en los muros del intento de adherir a las modalidades constructivas propias de las estructuras de obra de cemento romanas.

Algunas observaciones en relación a las uniones que permiten el «engranaje» de los espesores del muro acentúan la percepción de esta peculiaridad.

En los muros en los cuales prevalece la estructura y disposición de obra de cemento, prevalecen las uniones por adhesión. El proceso constructivo parece haber seguido, en estos casos, la colocación de pequeños bloques o ladrillos en los bordes del espesor mural hilera por hilera, estrato por estrato, a lo largo de los alineamientos horizontales, de modo uniforme y continuo. El muro, en sección, parece organizado como una única estructura, un único bloque, un «monolito» con sólo la cobertura de los techos superiores de las bancadas que, en el caso de los muros hechos de pequeños bloques, están realizados, en término medio, cada 7–8 hileras (aproximadamente 50–60 cm). Los pequeños bloques transversales dispuestos «de cabeza» coadyuvan al «engranaje» de la estructura mural aunque no constituyen la estructura misma. El carácter unitario y compacto, estructurado por estratos horizontales sutiles parece coincidir con una forma particular de comportamiento estructural que se concretiza, en el caso de derrumbamientos, con roturas de bloque también de grandes dimensiones.[25]

Diferente aparece la condición de estabilidad y de respuesta mecánica a los esfuerzos de los muros de la misma época presentes en Lazio, donde, por ejemplo, se hallan núcleos encajados y comprimidos. En estos casos se trata de secciones resistentes más por fricción que por adhesión, aunque es posible encontrar soluciones mixtas de adhesión y fricción juntas.[26] En todos los casos analizados, las señales de los orificios del andamio, la colocación de los elementos lapídeos y de argamasa, la disposición del muro y de las anguladas, testimonian el modelo estructural y constructivo de referencia. En particular, por ejemplo, en los límites del área de influencia romana, se reconoce una modalidad constructiva y un modelo intermedio entre las estructuras de los muros en el área romana, con anguladas de sólo pequeños bloques lapídeos, y las del Lazio meridional y de Sabina, con bloques de refuerzo en las anguladas, según costumbres constructivas peculiares de la cultura técnica meridional e influencia umbro-abruzés.

Notas

1. Se agradece a Anna Sinopoli y Fabrizio De Cesaris por el intercambio fructuoso de informaciones y reflexiones sobre el tema en objeto, a Donatella Fiorani, por las contribuciones ofrecidas para dar inicio al análisis y se remite a las observaciones del trabajo de Doglioni y Parenti 1993, 137–156.
2. Es un muro mixto de ladrillos y grava, está constituido por dos muros paralelos entre los cuales se introduce un aglomerado de piedras y otros materiales duros.
3. El trabajo propuesto pertenece al ámbito de las investigaciones sobre las técnicas constructivas dirigidas por Giovanni Carbonara en los últimos veinte años y realizadas. En el ámbito universitario y de doctorado en Historia de la Arquitectura y Restauración («Sapienza» Universidad de Roma) (coordinador Paolo Fancelli). Sobre la importancia y la metodología propias de la recogida y del análisis de los datos intrínsecos y extrínsecos de un edificio histórico, se remite, entre otros, a De Angelis d'Ossat [1977] 1995; Bruschi 1978; Bernardi 1997; en particular sobre la «lectura» estratigráfica aplicada a la arquitectura: Brogiolo 1988; Doglioni, 1997; *Archeologie* 2000; Boato 2008 (con bibliografía sintética de referencia).
4. Vitruvio, Libro II, 8. Para la descripción del muro realizado con cemento: Ward-Perkins 1979, 59 y Lugli 1957, 1: 363.
5. Roca volcánica muy desmenuzada.
6. Adam [1984] 1988, 81.
7. *Via Appia* 2000.
8. Sobre el concepto de monoliticidad de los muros históricos se remite, entre otros, al estudio de Giuffrè 1991.
9. Para las *domus* del Foro di Nerva: Santangeli Valenzani 1999; Santangeli Valenzani 1997. Sobre los muros en *opus quadratum* alto medievales se remite a: Barelli y Pugliese 1994 y Barelli, Fabbri y Asciutti 2005.
10. Esposito 1998. Para una bibliografía general sobre el tema de reutilización en las estructuras de los muros se remite a las referencias contenidas en *Reimpiego* 2008.
11. Sobre las técnicas en Roma entre los siglos XII y XV se remite a: Avagnina, Garibaldi y Salterini 1976–77;

Barclay Lloyd 1985; Marta 1989; Esposito 1998; Montelli 2006.

12. En este sentido se remite a las observaciones de Lugli 1957: 633 y, retomando lo escrito por Lugli, di Esposito 1998, 27–30.
13. En relación a la desaparición de la técnica de pequeños bloques y a la difusión de otras estructuras relativas a los muros en el curso del siglo XV se remite, a Esposito 1998. Sobre las maestranzas lombardas en general del norte de Italia se remite, entre otros a Corbo 1969, para Roma y a Leggio 1992, para el área rietino. Para las construcciones de los muros en Roma en la segunda mitad del siglo XV se remite: a Pagliara 1980; Esposito 1998; Vaquero Piñeiro 2002, con bibliografía de referencia mencionada en la nota.
14. Se entiende con el verbo «estructurar» la acción de unir los elementos de una construcción de forma relacionada, haciéndoles interaccionar de forma predeterminada.
15. Los elementos lapídeos del núcleo interno eran estructurados con abundante argamasa puzolana con estratos horizontales: las dimensiones de los *coementa* eran similares a las de los elementos de los paramentos. Esto hace pensar en un aspecto de organización de la obra en el curso de la realización de tales muros orientada a la selección de piezas para el núcleo, en general de reutilizadas o de desechos de la elaboración de los elementos de paramentos.
16. Los pequeños bloques lapídeos eran proporcionados en relación a la altura-largueza de media entre 1:2 y 1:3; la altura estaba comprendida entre los 4,5 y los 8 cm, con oscilaciones de éstas en el tiempo de difusión de la técnica (Esposito 1998).
17. Sobre las temáticas relativas a la actividad constructiva y en particular a la unión entre abastecimiento de materiales y organizaciones administrativas, económica y política se remite a las observaciones de Rodolico 1965 y de Esposito 1998, 172–176 y, en ámbito supranacional como útil modelo historicográfico de referencia, se remite a Bernardi 1998. Sobre la difusión en el área romana de la técnica relativa al muro de pequeños bloques lapídeos véase Esposito 1998 (en particular, sobre las razones y las modalidades de difusión de la costumbre constructiva, 171–230). Sobre la transmisión de los saberes y la «mentalidad» en el campo de la construcción medieval y sobre la reutilización de tradiciones técnicas del pasado, aceptadas en sus connotaciones generales, y de su interpretación a través del filtro de costumbres locales, se remite, entre otros, a Le Goff 1971; Carbonara 1990; Bianchi 1996; Bernardi 2005.
18. La estructura de las secciones de los muros de pequeños bloques lapídeos por estratos horizontales constituye una praxis difundida en el área romana que tiende a desaparecer a medida que se acerca a los confines del Distrito, quizás al contacto con costumbres constructivas locales distintas de la romana. En este sentido se recuerda lo observado por M. De Meo 2005, 162; consulta también Esposito 1998, 114).
19. Chiovelli 2007.
20. De Meo 2005, 145–160.
21. Fiorani 1996, 127–128.
22. Miglio 1984, 89. Una referencia a la práctica medieval de reducir en pequeñas piezas de bloques antiguos más grandes está contenido también en la *Lettera a Leone X* (1519) en la cual se lee que los hombres del medievo «desconchaban los muros antiguos para volver a las piedras cocidas: y reduciendo los mármoles en pequeños cuadrados muraban con éstos dividendo con aquella mezcla las paredes, como ahora se ve en la torre que se llama de las milicias» (traducción texto de: Raffaello Sanzio 1956, 303–304).
23. Poggio Bracciolini, *Narracio de varietate Fortunae*, lib. I, en *Codice* 1940, vol. 3: 245.
24. Se trata de un contrato para la construcción de un tramo de muro de Rieti del 3 de septiembre de 1311 (Archivo de la Casa generalicia de la Orden de los Predicadores, S. Sabina, XI, 2120, Rieti, n. 86, acto del 3 septiembre de 1311: Copia del 23 marzo de 1312) (de Leggio 1992, 480). El ayuntamiento se comprometía a facilitar cal y piedra, y los constructores habrían soportado el coste del transporte hasta la obra.
25. Las esctructuras en las que prevalga la unión por roce tienden, en caso de derrumbe, a destrozarse en partes pequeñas (Doglioni y Parenti 1993, 154).
26. Tales diferencias de colocación y, por tanto, de comportamiento estructural son también determinadas, a diferencia de los casos del área romana, por los espesores de los muros (*Ibidem*, 150–154).

Lista de referencias

Adam, Jean-Pierre. [1984] 1988. *L'arte di costruire presso i romani*, 81. Milano: Longanesi.

Avagnina, Maria Elisa; Garibaldi, Vittoria y Salterini Claudia. 1976–77. «Strutture murarie degli edifici religiosi di Roma nel XII secolo». *Rivista dell'Istituto Nazionale di Archeologia e Storia dell'arte*, n. s. 23–24: 173–255.

Barclay Lloyd, Johan E. 1985. «Masonry techniques in Medieval Rome c. 1080–1300». *Papers of the British School at Rome*, 53: 225–276.

Barelli, Lia y Pugliese, Raffaele. 1994. «Note sulla basilica titolare dei SS. Quattro Coronati in Roma». *Palladio*, n. s. 6, 13: 19–24.

Barelli, Lia; Fabbri, Maria Cristina y Asciutti, Michele. 2005. Lettura storico-tecnica di una muratura altomedievale: l'opus quadratum a Roma nei secoli VIII e IX, en

Tecniche costruttive dell'edilizia storica. Conoscere per conservare, editado por Donatella Fiorani y Daniela Esposito, Roma: Viella, 61–76.

Bernardi Philippe. 1997. Sources écrites et archéologie du bâti, *Archeologia dell'Architettura*, II: 141–145.

Bernardi, Philippe. 1998. Construction et politique en Provence: l'approvisionnement en matériaux, une affaire publique?, en *Sociétés et pouvoirs dans la ville, 120e congrès national des Sociétés Historiques et Scientifiques, Aix-en-Provence 1995*, editado por Noël Coulet y Olivier Guyotjeannin, II (La ville au Moyen-Age), Paris: CTHS, 9–20.

Bernardi, Philippe. 2005. Métier et mystère: l'enseignement des «secrets de l'art» chez les bâtisseurs à la fin du Moyen Âge, en *La trasmissione dei saperi nel medioevo (secoli XII-XV)*, Pistoia: Centro italiano di studi di storia e d'arte, 187–204.

Bianchi, Giovanna. 1996. Trasmissione dei saperi tecnici e analisi dei procedimenti costruttivi di età medievale, *Archeologia dell'Architettura*, I: 53–64.

Boato, Anna. 2008. *L'archeologia in architettura. Misurazioni, stratigrafie, datazioni, restauro*, Venezia: Marsilio.

Brogiolo, Gian Pietro. 1988. *Archeologia dell'edilizia storica*, Como: New Press.

Bruschi, Arnaldo. 1978. Indicazioni metodologiche per lo studio storico dell'architettura, en *Lineamenti di storia dell'architettura*, Roma: Carucci, 13–29.

Carbonara, Giovanni. 1990. Edilizia e urbanistica a Ninfa, en *Ninfa, una città, un giardino*, Atti del Colloquio della Fondazione Camillo Caetani, Roma-Sermoneta-Ninfa, 7–9 ottobre 1988, editado por Luigi Fiorani, Roma: «L'Erma» di Bretschneider, 223–245.

Chiovelli, Renzo. 2007. *Tecniche costruttive murarie medievali. La Tuscia*, Roma: «L'Erma» di Bretschneider.

Codice topografico della città di Roma. 1940. editado por Roberto Valentini y Giuseppe Zucchetti, Roma: Forzani.

Corbo, Anna Maria. 1969. *Artisti e artigiani in Roma al tempo di Martino V e di Eugenio IV*, Roma: De Luca.

De Angelis d'Ossat, Guglielmo, Studio dei monumenti dal punto di vista storico, artistico e tecnico [1977], en Guglielmo De Angelis d'Ossat, *Sul restauro dei monumenti architettonici. Concetti, operatività, didattica*. 1995. Editado por Spiridione Alessandro Curuni, Scuola di Specializzazione in Restauro dei monumenti, Strumenti 13, Roma: Bonsignori, 59–62.

De Meo, Mauro. 2005. *Tecniche costruttive murarie medievali. La Sabina*, Roma: «L'Erma» di Bretschneider.

Doglioni, Francesco. 1997. *Stratigrafia e restauro*, Trieste: Lint.

Doglioni, Francesco y Parenti, Roberto. 1993. Murature a sacco o murature a nucleo in calcestruzzo? Precisazioni preliminari desunte dall'osservazione di sezioni murarie, en *Calcestruzzi antichi e moderni: storia, cultura e tecnologia, Atti del Convegno di Studi, Bressanone, 6–9 luglio 1993*, editado por Guido Biscontin y D. Mietto, Padova: Libreria Progetto, 137–156.

Esposito, Daniela. 1998. *Tecniche costruttive murarie medievali. Murature «a tufelli» in area romana*, Roma: «L'Erma» di Bretschneider.

Fiorani, Donatella. 1996. *Tecniche costruttive murarie medievali. Il Lazio meridionale*, Roma: «L'Erma» di Bretschneider.

Giuffrè, Antonino. 1991. *Letture sulla meccanica delle murature storiche*, Roma: Kappa.

Leggio, Tersilio. 1992. Mutamenti nelle tecniche murarie in Sabina e nel reatino sullo scorcio del medioevo, *Archeologia medievale*, XIX: 479–486.

Le Goff, Jacques. 1971. Travail, techniques et artisans dans les systèmes de valeur du haut Moyen Âge (Ve-Xe siècles), en *Artigianato e tecnica nella Società dell'Alto Medioevo Occidentale* (Settimana di Studio del Centro Italiano di Studi sull'Alto Medioevo, XVIII), Spoleto: Centro di Studi sull'Alto Medioevo, 239–266.

Lugli, Giuseppe. 1957. *Tecnica edilizia romana*, Roma: Bardi, 2 voll.

Marta, Roberto. 1989. *Tecnica costruttiva a Roma nel Medioevo*, Roma: Kappa.

Miglio, Massimo. 1984. *Roma dopo Avignone*, *La rinascita politica dell'antico*, in *Memoria dell'antico nell'arte italiana*, I: *L'uso dei classici*, Torino: Einaudi.

Montelli, Emanuela. 2006. Laterizi nuovi e di recupero nel cantiere romano di fine Duecento, en *Arnolfo di Cambio e la sua epoca. Costruire, scolpire, dipingere, decorare*, Roma: Viella, 369–378.

Pagliara, Pier Nicola. 1980. Note su murature e intonaci a Roma tra Quattrocento e Cinquecento, *Ricerche di Storia dell'Arte*, 11: 35–44.

Raffaello Sanzio. 1956. *Tutti gli scritti*, a cura di Ettore Camesasca, Milano, Rizzoli.

Reimpiego in architettura. Recupero, trasformazione, uso. 2008. Editado por Jean.-François Bernard, Philippe Bernardi y Daniela Esposito y con Philippe Dillmann, Laura Foulquier y Rossana Mancini, Roma: Collection de l'École française de Rome, 418.

Rodolico, Francesco. 1965. *Le pietre nelle città d'Italia*, Firenze: Le Monnier.

Santangeli Valenzani, Riccardo. 1997. Edilizia residenziale e aristocrazia urbana a Roma nell'alto medioevo, en *Atti del I congresso nazionale di archeologia medievale*, editado por S. Gelichi, Firenze: All'Insegna del Giglio, 64–70.

Santangeli Valenzani, Riccardo. 1999. Strade, case e orti nell'alto medioevo nell'area del Foro di Nerva, in *Roma dal IV all'VIII secolo secolo: quale paesaggio urbano? Dati da scavi recenti, Atti della seduta dei Seminari di Archeologia Cristiana, Roma 13 marzo 1997*, editado

por Philippe Pergola, *Mélanges de l' École française de Rome. Moyen Age*, 3 : 163–169.

Treccani, Gian Paolo (ed.). 2000. *Archeologie, restauro, conservazione. Mentalità e pratiche dell'archeologia nell'intervento sul costruito*. Milano: Unicopli.

Vaquero Piñeiro, Manuel. 2002. La gabella dei calcarari. Note sulla produzione di calce e laterizi a Roma nel Quattrocento, en *Maestranze e cantieri edili a Roma e nel Lazio. Lavoro, tecniche, materiali nei secoli XIII-XV*, editado por Angela Lanconelli y Ivana Ait, Manziana: Vecchiarelli, 137–154.

Via Appia. La Villa dei Quintili. 2000. Editado por Rita Paris, Milano: Electa.

Marco Vitruvio Pollione. 1990. *De architettura libri decem*, editado por Curt Fensterbusch, trad. L. Migotto, Pordenone, Studio Tesi.

Ward-Perkins, John Bryan. 1979. *Architettura romana*, Milano: Electa, 59.

Génesis y estructura de las bóvedas de Arles

Richard A. Etlin

La bóveda que cubre el vestíbulo del ayuntamiento de Arles (1673–1674) se considera por muchos estudiosos el más ilustre ejemplo de la estereotomía francesa (figura 1). La bóveda cubre una sala aproximadamente cuadrada, de dieciséis metros de lado, sin apoyos intermedios, con una flecha de sólo 2,4 metros (Tamboréro 2003, 1899); impresiona a los visitantes no sólo por este alarde estructural, sino también por la gracia ondulante de su superficie y su armoniosa relación con las veinte columnas distribuidas a lo largo del perímetro de la sala, cuyos ábacos giran junto con la bóveda, siguiendo la curva de la pared sur de la sala (figura 2). No hay nada estático en esta composición. La forma y la línea —el diseño de la bóveda y las largas juntas que la surcan— parecen estar siempre en un movimiento lleno de fuerza.

Los puntos esenciales de la historia de la bóveda han sido expuestos en repetidas ocasiones (Charvet 1898, Boyer 1969). Desde 1657 el Ayuntamiento de Arles había abordado la construcción de una nueva casa consistorial, pero se cometieron numerosos errores en el proceso; en una ocasión, los muros exteriores del edificio en construcción tuvieron que ser demolidos por completo. En junio de 1673 se estaban

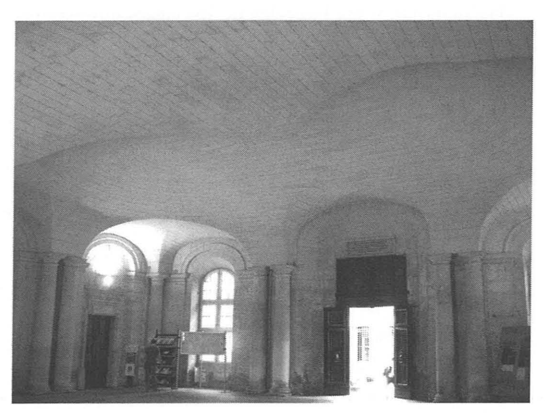


Figura 1
Jules Hardouin-Mansart, Ayuntamiento, Arles, vestíbulo con entrada norte (foto: autor)

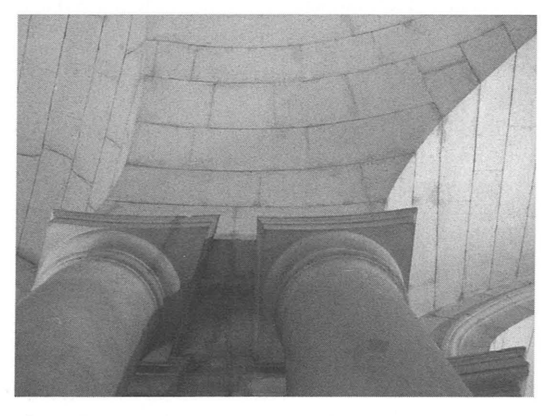


Figura 2
Jules Hardouin-Mansart, Ayuntamiento, Arles, detalle de columna, vestíbulo (foto: autor)

poniendo los cimientos de acuerdo con un nuevo proyecto, cuando el *architecte du roi* parisino Jules Hardouin-Mansart, con veintisiete años de edad, pasó por la región para visitar las antigüedades romanas del Gard y para modernizar un *château* del Teniente General en funciones de Provenza, François-Adhémar de Monteil, Conde de Grignan, y su esposa, la hija de Madame de Sévigné. Invitado por el ayuntamiento a comentar el proyecto, Hardouin-Mansart, alabó el diseño, pero ofreció mejorar la disposición de los salones y el diseño de la fachada y propuso reformar el amplio vestíbulo eliminando los cuatro pilares gracias al empleo de una bóveda rebajada sin ningún soporte intermedio (Boyer 1969, 25). En palabras del cónsul Jean de Sabatier, Hardouin-Mansart aseguraba «qu'il avoit quelque chose de mieux à faire» (Sabatier 1877, 194).

Después de encargar al pintor-arquitecto local Jacques Peytret redibujar la fachada sur, Hardouin-Mansart se vio obligado a marchar a Béziers, pero sugirió que Peytret le acompañara en su viaje; de esta forma, Hardouin-Mansart podría seguir trabajando en la fachada norte y mostrar a Peytret como construir la bóveda, entregándole también un modelo y las plantillas que los canteros necesitaban para labrar las dovelas. Aparentemente Hardouin-Mansart no tuvo tiempo para preparar el modelo prometido, lo que lamentó amargamente el municipio en los meses siguientes. Finalmente envió un modelo de madera del diseño revisado para la bóveda, en los primeros días de noviembre de 1674, pero el ayuntamiento lo rechazó en favor del proyecto previamente aprobado. Parece que Hardouin-Mansart nunca volvió a Arles y que Peytret dirigió el proyecto desde su regreso Beziers hasta que se terminó la construcción (Boyer 1969, 27, 29–30).

Una de las características más llamativas de la bóveda en Arles es la impresión de movimiento fluido evocada por su forma y por las líneas continuas en las juntas que surcan su aparejo. En efecto, la combinación de estas dos características la convierten en el ejemplo más significativo de lo que Jean-Marie Pérouse de Montclos ha señalado como el aspecto fundamental de la estereotomía francesa, su estética «desnuda» (Pérouse de Montclos 1982, 117, 209; Pérouse de Montclos 1983, 124). El contraste con la tendencia de la estereotomía española a recubrir de ornamento todas las superficies de las bóvedas es muy llamativo. Aun admitiendo como indiscutible la poderosa estética sensual en las bóvedas desnudas de la estereotomía francesa, podemos preguntarnos si el grado de ornamento de una bóveda estereotómica en Francia estaba regulado por el concepto de *la bienséance* (el decoro). En el Château d'Anet, Delorme empleó toda una gama de materiales y de grados de decoración que sugiere tal jerarquía: las bóvedas de la cocina del sótano con las aristas de cantería y plementerías de ladrillo, apropiadas para espacios de servicio; bóvedas desnudas de gran ingenio estereotómico, combinando una bóveda plana con una bóveda de arista según una interpenetración diagonal, en los espacios secundarios del pabellón de la entrada; una bóveda de cañón con un complejo relive de losanges en el paso central ceremonial de la puerta en arco de triunfo; y relieves con un motivo de diamantes con ornamentación delicada en la bóveda de la capilla del *château*, con un querube con alas de oro en cada casetón. Se da una jerarquía similar en el edificio de Mansart en Blois con la bóveda desnuda de la escalera volada debajo de la rica bóveda en rincón de claustro del techo, con piedra y el ladrillo combinados en los espacios de servicio; y en Maisons donde hay un aumento jerárquico en la ornamentación desde el vestíbulo de la entrada de la planta baja al comedor de la primera planta. Hardouin-Mansart también creó una jerarquía en los Inválidos, pasando de la bóveda desnuda de la escalera suspendida en la parte utilitaria del edificio de Libéral Bruand, a las bóvedas de la iglesia de los soldados con la ornamentación modesta típica de las iglesias parisinas de la época, a diversos grados de desnudez y decoración en relieve en las bóvedas menores y las bóvedas de los pasos intersticiales de la cúpula, y finalizando en las cúpulas central y lateral con pinturas alegóricas, una técnica a la que Pérouse de Montclos se refiere como «manera italiana». (Pérouse de Montclos 1982, 121). Cuando Soufflot aplicó a la Église Sainte-Geneviève (1755–1777) el diseño fluido de las juntas (*lignes de refend*) que Hardouin-Mansart había utilizado en Arles, empleó estas formas en la cripta. Estas formas «enterradas» y «desnudas», caracterizadas por una «arquitectura de las sombras» —empleando la definición triple de una arquitectura funeraria acuñada poco después por Boullée (Boullée 1968, 133–135)— creada dentro de las nichos oscuros entre las piedras, muy apropiados al lugar, contrasta con fuerza con el uso de formas abovedadas molduradas rodeadas por paneles decorativos en la iglesia superior.

En cuanto a la calidad desnuda del vestíbulo con bóvedas en Arles, se corresponde con el tratamiento de la planta baja de la fachada. Un documento de archivo del 18 de marzo de 1674, habla del «premier ordre rustique» de la fachada (Boyer 1969, 28). En efecto, la austeridad de las veinte columnas interiores, descritas por los autores modernos como dóricas, pero denominadas toscanas en 1743 por Père Fabre de Tarascon (Fabre 1743, 98), refleja este carácter austero. Lo mismo ocurre con la estética de las líneas fluyentes creadas por llas juntas de la bóveda y por los tendeles algo más anchos del almohadillado de la fachada (Boyer 1969, fig. 1). En este edificio, Hardouin-Mansart tuvo éxito al conjuntar la estética del interior y el exterior en una rara unidad de la forma, dentro de la tradición estereotómica. Dado que el vestíbulo funciona como una plaza pública de interior, al modo de la Galleria posterior de Milán, quizás fue pensado para sugerir metafóricamente la sensación de las nubes que cruzan el cielo abierto.

En su descripción de 1743 de la bóveda de Arles, Père Fabre resaltó su naturaleza «muy compuesta» y la describió como un conjunto de bóvedas que comienzan en las paredes perimetrales y las columnas exentas ante ellas: «Elle est très composée, et consiste en plusieurs Voutes différentes, presque plates, naissantes des Murs et comme soutenües dans leur Naissance par vingt Colonnes Toscanes» (Fabre 1743, 98). El contraste entre esta forma compuesta aplicada para cubrir una sala y el tradicional aspecto singular o unificado de las bóvedas, como en el pabellón de Mansart en Blois, merece mayor atención. En efecto, Hardouin-Mansart aplicó la lógica —y la estética— estructural de la escalera suspendida construida alrededor de un vacío a la bóveda del vestíbulo de Arles. Uno piensa en la escalera suspendida, oval de Delorme dentro de una caja rectangular en el Palais des Tuileries, construida probablemente como *Vis de Saint-Gilles* con trompas de esquina y, más importante aún, la escalera que recorre los cuatro lados del vestíbulo del Archevêché de Arles (figuras 3–4), un edificio construido poco antes, comenzado en 1669, donde se alojaba Hardouin-Mansart durante su estancia en Arles. Esta nueva escalera, suspendida en tres lados de la caja de escaleras sobre una serie de diferentes tipos de bóvedas con penetraciones múltiples, da la impresión de cubrir el espacio con un techo que se ha simplemente se ha perforado en el centro. El efecto está muy próximo al que se obtendría cubriendo toda una sala con una bóveda con una abertura central.

Podemos preguntarnos si las circunstancias inmediatas del viaje de Hardouin-Mansart desempeñaron un papel decisivo en la génesis de su proyecto. Debe tenerse en cuenta que el Archevêché donde se alojó había sido construido por Monseñor Jean-Baptiste Adhémar de Monteil de Grignon, el tío del Conde de Grignan para quien Hardouin-Mansart estaba a punto de renovar un *château*, a expensas de Monseñor

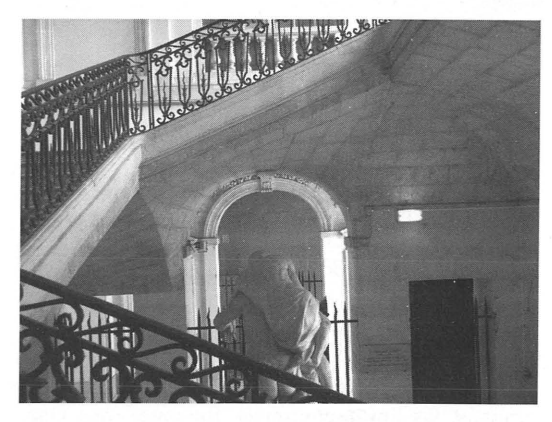


Figura 3
Archevêché, Arles, comenzado en 1669, vestíbulo con escalera (foto: autor)

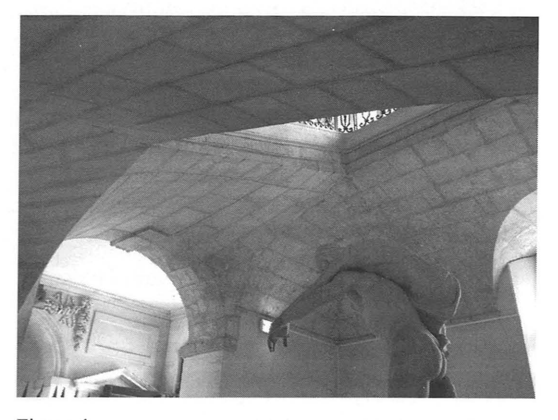


Figura 4
Archevêché, Arles, vestíbulo con escalera, detalle (foto: autor)

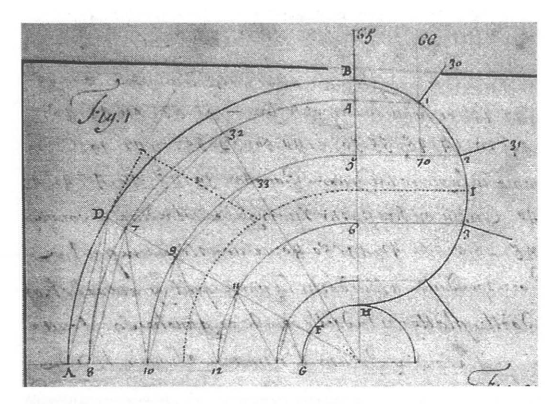


Figura 5
Vis de Saint-Gilles, planta por Philippe de la Hire (Tamboréro 2006)

(Charvet 1898, 407). Así, uno puede suponer que la experiencia inmediata de las bóvedas compuestas de la escalera suspendida que rodean el vacío del vestíbulo del Archevêché apareció ante la imaginación fértil de Hardouin-Mansart no sólo como la única manera práctica de eliminar los pilares centrales, sino como una manera de agradar a su nuevo patrón. Además, las líneas continuas, fluyentes, que Hardouin-Mansart desarrolló como el rasgo característico de esta bóveda recuerdan la forma de la *Vis de Saint-Gilles*, el famoso arquetipo estereotómico que él probablemente habría visto en viaje a través del Gard (figura 5).

La famosa asamblea de dieciséis arquitectos y canteros convocada el 31 de enero de 1674, para considerar «la force des voultes de hostel de ville suivant les modelles» presentados en la reunión, merece ser comentada. En 1933 Fernand Benoit describió esta reunión de forma dramática. «Au grand effroi des Consuls», Hardouin-Mansart había suprimido los pilares del vestíbulo: «Ceux-ci, devenus prudents depuis la catastrophe qui avait marqué le premier projet, n'acceptèrent le principe de la voûte plate du vestibule sans le secours du pilier, adoptée par Mansart (esto es, Hardouin-Mansart)». Por lo tanto, convocaron esta reunión para comprobar su seguridad (Benoit 1933,169). Desafortunadamente, Benoit no cita ningún documento concreto para justificar su aserto, que fue repetido aún más dramáticamente en 2002 por Antonio Becchi, quien encontró los *Consuls* «smarriti e perplessi rispetto all'audacia del progetto» (Becchi 2002, 20). Becchi tampoco citó ningún documento en particular y se refirió sin más al artículo de 1969 de Jean Boyer con su apéndice de documentos de archivo. Boyer recoge un lejano eco de las posiciones de Benoit en trabajo más breve de 1976, cuando escribió que el diseño de Hardouin-Mansart sin soportes intermedios «ne fut toutefois pas accepté sans bien des hésitations par les édiles arlésiens qui convoquèrent à plusieurs reprises, à la fin de l'année 1673, et au début de la suivante, des réunions d'architectes et maîtres maçons locaux experts en matière de stéréotomie pour avoir leur avis sur le projet définitivement retenu» (Boyer 1976, 502–503). Con todo, ni el artículo de Boyer de 1969 ni los documentos de archivo que incluye como anexo hacen ninguna mención de perplejidad o asombro por parte de los *Consuls*.

¿Cómo debemos, entonces, explicar esta junta de dieciséis maestros? Si bien Benoit estaba en lo cierto al asumir que el municipio procedería cautelosamente, teniendo en cuenta las dificultades que había experimentado la construcción del edificio, podemos entender esta reunión como el procedimiento típico por el cual los comitentes, especialmente los municipales y eclesiásticos, intentaban determinar la eficacia de un diseño propuesto en un período anterior a la existencia de criterios cuantitativos establecidos en códigos de la edificación. Esta práctica, por ejemplo, aparece con claridad en la construcción de la catedral de Milan a finales del siglo XIV, como expuso James Ackerman (Ackerman 1949). Otro ejemplo sería Martino Bassi, que escribió su *Dispareri in materia d'architettura, e prospettiva* (1572) para defender sus diseños arquitectónicos a la luz de críticas ofreciendo al mismo tiempo su crítica de los trabajos de otros arquitectos. David Thomson señala que se pidió opinión a Palladio acerca del proyecto de la catedral de Brescia (Thomson 1993, 142); en su informe de 1567 elogió al arquitecto local ofreciendo posteriormente mejoras, como hemos visto que ocurrió más adelante en Arles con Hardouin-Mansart.

El 29 de mayo de 1673, los *Consuls* invitaron a Jean Rochas, arquitecto de Avignon, a comentar la validez estructural del proyecto actual de Dominique Pilleporte; la misma semana de la reunión de los dieciséis arquitectos y canteros en Arles, también consultaron también a Jean Valié, arquitecto de Marsella, así como varios canteros locales (Boyer 1969,

26), del mismo modo que se había solicitado la opinión de Palladio en Brescia. Por lo tanto, no había nada extraordinario sobre la reunión del 31 de enero de 1674, excepto quizás el número de participantes, que puede explicarse por el número de proyectos considerados. El propósito de todas estas consultas aparece haber sido siempre igual: para comprobar si «les des dites murailles seront asses fortes pour resister à la poussée des dites voultes» (Rochas, reporte de 3 Junio del 1673, en Benoit 1933, 177 [ACA, DD41, pièce 65]).

Cuando uno tiene en cuenta todas las opiniones y proyectos —solicitados y no solicitados— para la catedral de Milán, la cúpula de la catedral florentina, y el vestíbulo de la casa consistorial de Arles, uno tiene la sensación de que las consultas repetidas con los expertos y las tentativas incesantes de elementos externos de criticar y en ocasiones suplantar al arquitecto encargado del proyecto eran típicas. La línea inicial de una memoria de Pierre Puget, arquitecto entre 1669–1671 del arsenal de Toulon, captura el caos de esta situación, no sin una ironía soterrada: «Depuis le temps que je deseigne pour l'arsenal de tollon pleusieurs ont donné des avis pour sa construction» (Walton 1965, 171).

Leyendo la transcripción de la reunión del 31 de enero de 1674, uno descubre que se había pedido a los canteros y los arquitectos reunidos que opinaran acerca de la viabilidad, no de uno, sino de tres proyectos para la bóveda del vestíbulo: el proyecto de Hardouin-Mansart, otro del cantero de Aix-en-Provence Antonio Matisse (llamado La Rivière), y un tercero de Nicolás Lieutard, arquitecto vecino de Tarascon que había colaborado con un cierto Frère Clément en el diseño para la casa consistorial presentado el 12 de febrero de 1673 (Charvet 1898, 401). En los meses anteriores a la reunión de enero los tres recibieron pagos por los modelos de sus respectivos proyectos. Aunque los *Consuls* pidieron a dos expertos un informe (el 23 de noviembre de 1673) acerca de la suficiencia los cimientos para el diseño de Hardouin-Mansart, es evidente que ningún proyecto podría ser elegido hasta que los expertos exteriores hubieran certificado la seguridad de cualquier diseño propuesto y que los *Consuls* deseaban tomar su decisión final comparando varias alternativas. Todos los canteros y arquitectos reunidos expresaron su preferencia por uno o varios de estos proyectos; los tres se consideraban adecuados siempre y cuando las paredes fueran levantadas primero a una altura suficiente para contrarrestar el empuje de la bóveda, y también señalaban la importancia del *tas de charge* para este propósito. (Un examen de la bóveda construida muestra los enormes sillares empleados en el *tas de charge*). Varios de los expertos también aconsejaron construir primero el potente arco transversal que separaría la bóveda en dos partes, puesto que ambas cargarían sobre el arco que a su vez entregaría la carga en los sólidos muros de contención, ocultos a la vista en gran parte (Boyer 1969, 26–28).

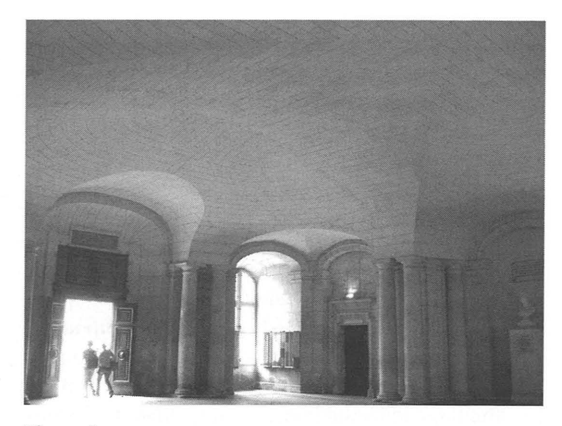


Figura 6
Jules Hardouin-Mansart, Ayuntamiento, Arles, vestíbulo con entrada sur, mostrando el arco transversal que separa las dos bóvedas y la penetración en V (foto: autor)

Esta última pieza, el arco transversal apoyado a través del espacio O-P tratado en el informe del 23 de noviembre de 1673 (Chambareau 1673, 75v, 76v; Boyer 1969, fig. 13), y mostrado en la planta analítica de Tamboréro y Sakarovitch (Tamboréro 2003, fig. 8), plantea una cuestión importante sobre la génesis del diseño de Hardouin-Mansart. Aunque la bóveda construida (figura 6) parece una bóveda continua con una penetración de forma de V de la bóveda más pequeña entrando en la más grande, en realidad esta bóveda fue construida como dos bóvedas separadas e independientes, cada una enlazada con las piedras escalonadas del arco transversal. En días húmedos, el trazado de este arco de entibo es fácilmente visible. Las dos bóvedas construidas a ambos lados del arco transversal no coinciden en absoluto con la apariencia de la bóveda más pequeña entrando en la más grande, gracias a la penetración de la bóveda en

forma de V que crea un efecto de una cuña, cuya forma queda definida también por la alineación de las piedras con las largas entallas de tal forma que la bóveda más pequeña parece proyectarse hacia la bóveda mayor, cuyas piedras se disponen en perpendicular a las de la bóveda más pequeña. Si bien la penetración de la cuña en forma de V está en su integridad en la bóveda más grande, la continuidad de la fábrica hace que la bóveda más pequeña parezca pasar al interior de la más grande. Solamente un observador atento notaría que esta forma que empuja en realidad pasa a través del arco transversal que separa literalmente dos bóvedas, que por el contrario parecen fundidas indisolublemente entre ellas. Es importante tener en cuenta esta discrepancia visual en lo que sigue, puesto que está íntimamente unida a la naturaleza del diseño de Hardouin-Mansart.

En efecto, el aspecto más llamativo del acta de esta reunión de enero es que los participantes discuten los proyectos de Hardouin-Mansart y Matisse como si cada uno consistiera en dos bóvedas. La bóveda más grande de Matisse se identifica como *arc de cloître* (rincón de claustro), pero la bóveda más pequeña no se nombra. En cuanto a Lieutard, propone una bóveda solamente para el espacio más pequeño a un lado del arco transversal, que se identifica como *cul de four* (bóveda de horno). El proyecto de Hardouin-Mansart se identifica solamente como consistente en una bóveda grande y pequeña. Se desprende del acta que el arco transversal forma la línea divisoria entre todas las bóvedas grandes y pequeñas tenidas en cuenta.

Además, ningún proyecto fue elegido por unanimidad como la solución preferida; la mitad de los expertos votaron a favor de una combinación de bóvedas de dos arquitectos diferentes: cinco (o seis, si uno cuenta la pareja formada por Roux y Trottin como dos votos) para el proyecto de Hardouin-Mansart (Fabre, Maureau, Peytret, Pol, Roux y Trottin), tres para Matisse (Matisse, Nogier, Pilleporte), tres para la bóveda grande de Matisse conjuntamente con la pequeña bóveda de Lieutard (Abeille, Lieutard, Rougier), tres para la bóveda grande de Hardouin-Mansart con la bóveda de Lieutard (Girard, Mansy, Prouven), y uno (Rouard) que no se decantaba entre las soluciones de Hardouin-Mansart y Matisse para la bóveda grande, pero prefería la bóveda pequeña de Lieutard. En ninguna parte aparecen signos de preocupación por la alteración del aspecto visual del proyecto de Hardouin-Mansart al combinar su bóveda grande con el *cul de four* de Lieutard. Viendo la bóveda construida, es difícil concebir cómo alguien pudo proponer separarla por el punto de unión con el arco transversal a menos que, por supuesto, el proyecto inicial de Hardouin-Mansart, tal como fue presentado aquel día, incluyera dos bóvedas independientes.

Se pueden encontrar otras pruebas de esta hipótesis en la modificación de su propio proyecto propuesta por Hardouin-Mansart mediante el modelo que envió en noviembre de 1674. En aquel momento propuso bajar la bóveda más pequeña 1.5 *pans* (38,4 cm). Esto habría podido solamente ser posible si las dos bóvedas fueran independientes una de otra tanto visual como estructuralmente. Los *Consuls* rechazaron la oferta por razones financieras y estéticas, manteniendo su decisión del 24 de septiembre de construir el primer proyecto de Hardouin-Mansart, tal como fue presentado en la reunión del 31 de enero. El 3 de noviembre de 1674 los *Consuls* eran renuentes a afrontar el costo de desmontar el *tas de charge* para construir el arco transversal en un nivel inferior y los nueve expertos a que habían convocado juntos —incluyendo Peytret y Matisse— «unánimemente» acordaron que el primer proyecto era el «le plus beau» (Boyer 1969, 30).

Teniendo en cuenta estos datos, parece que el primer proyecto de Hardouin-Mansart, según lo aprobado por el municipio, no incluía la dramática penetración de forma de V que contribuye en gran medida a la drama y la gracia del vestíbulo abovedado de Arles. En su relato de la historia de la bóveda, Jean de Sabatier observó que Peyret «fit executer fidèlement» el diseño del arquitecto parisiense «et qu'il a même enrichi de quelque chose de son imagination» (Sabatier 1877, 194). Esta cuña de forma de V es la única parte de la bóveda que habría podido incitar tal alabanza y casa bien con la historia de la evolución del proyecto según las hipótesis presentadas aquí.

El motivo para la transformación por Peytret del diseño de Hardouin-Mansart es fácil de identificar. Aunque los nueve canteros y arquitectos convocados en esta reunión de noviembre juzgaran el primer diseño más hermoso, eran conscientes de que empujaba más contra los muros: «le plus beau et le meilleur dautant quil deschargeoit davantage la muraille du costé du plan de la cour». Hardouin-Mansart proponía evidentemente bajar la bóveda más pequeña de

modo que pudiera arriostrar la más grande de una forma más eficaz. Ante la necesidad percibida de reforzar la bóveda, Peytret alteró la forma agregando esta nueva penetración. Como Philibert Delorme había explicado en su tratado *Les Nouvelles inventions pour bien bastir et à petits fraiz* (1561), cuantas más curvas se agregan a una bóveda, más fuerte llega a ser: «Vous y pouvez encore mettre plusieurs courbes, ie dy tant que voudrez. Et tant plus y en aura, plus l'oeuvre sera forte» (Delorme 1988, 26v).

La reciente reconstrucción hipotética por Tamboréro y Sakarovitch del método de diseño de Hardouin-Mansart empleado en la bóveda en Arles apoya indirectamente esta interpretación (Tamboréro 2003). Hardouin-Mansart, explican, aplicó una técnica estereotómica común en carpintería según la cual las penetraciones se definen en primer lugar, y a continuación se adopta una disposición para la plementería. En este caso, argumentan estos estudiosos modernos, Hardouin-Mansart definió las penetraciones de las dos bóvedas centrales mayores con las bóvedas periféricas a lo largo de las diagonales en las cuatro esquinas de la sala, dándoles la forma fácilmente reconocible de un *anse de panier* o arco carpanel. a continuación las superficies de la bóveda fueron diseñadas como superficies alabeadas. Esta reconstrucción hipotética deja el área central libre, lo que permite el cambio que a mi juicio Peyret habría introducido en respuesta a la necesidad percibida de reducir el empuje de la extensa superficie abovedada.

Peytret también parece haber realizado otro cambio a la bóveda, aunque es visualmente menos significativo. Dos de los participantes en la reunión del 31 de enero de 1674, se refirieron a las trompas en las esquinas del diseño de Hardouin-Mansart, un tema planteado otra vez cuando la Académie Royale d'Architecture, durante su sesión del 28 de julio de 1684, discutió la bóveda de Hardouin-Mansart y alabó su decisión de agregar una trompa en cada esquina de la sala para arriostrar la bóveda, proporcionando un refuerzo eficaz a unos muros considerados de espesor inadecuado (*Procès-verbaux* 1911–1929, 2: 59–60). Con todo, una rápida inspección del vestíbulo construido revela la ausencia de cualquier trompa en la sala (figuras 1, 6). ¿Por qué no fueron construidas? ¿Como podría la Académie elogiar a Hardouin-Mansart por un rasgo que no existió?

Sin duda la Académie examinaba dibujos o un modelo facilitado por Hardouin-Mansart, que nunca había vuelto a Arles para supervisar la construcción de la bóveda, que no fue terminada en las esquinas según su diseño original. De hecho, cuando la Académie, el 17 de diciembre de 1792, discutió los dibujos acotados del Ayuntamiento terminado preparados por su miembro François II Francque, no hubo ninguna mención a las trompas. Por el contrario, las bóvedas de arriostramiento fueron identificadas como lunetos, lo que corresponde a la descripción posterior de Pérouse de Montclos (*Procès-verbaux* 1911–1929, 9:333–334; Pérouse de Montclos 1982, 116–117). La solución que Peytret adoptó en las esquinas es similar a las parejas de bóvedas nervadas góticas que se pueden encontrar al otro lado de la calle en el ambulatorio circular de St. Trophime, del siglo XV, si bien en el Ayuntamiento se construyen empleando los recursos de la estereotomía clásica y no mediante nervios.

La lectura del debate acerca de las trompas del 31 de enero de 1674 sugiere que su posición en las esquinas hubiera hecho difícil la ejecución. La trompa en sí misma era una pieza bien conocida en esa época y su ejecución no hubiera debido presentar problemas. El cantero Claude Pol aprobó la colocación de un trompa en cada esquina y observó que no tendrían que soportar tanta carga como las que él había construido en Arles en el Couvent des Pères Augustins. Ahora bien, otro cantero, Anibal Masson de Lambesc, si bien elogiaba la bóveda grande en el proyecto de Hardouin-Mansart como «le plus beau» expresaba su preocupación por las trompas en las esquinas: «mais que pour *les trompes quy sont aux angles* il ny cognoit rien extimant que larc de cloistre du modelle de la riviere est plus aisé mais non pas sy beau» (Boyer 1969, 27–28, letra cursiva en el original). En efecto, habría sido difícil construir una trompa en cada esquina; probablemente hubieran sido similares a las trompas que François Mansart había utilizado en cada esquina de la terraza ante el nuevo *corps de logis* en Blois.

Finalmente, un breve comentario acerca de las calificaciones y talentos de Peytret, que aparece en los documentos de archivo como pintor, pintor-arquitecto, o arquitecto. Boyer creía firmemente en su capacidad como arquitecto: «Peytret possédait incontestablement de solides connaissances techniques, notamment dans le domaine de la stéréotomie» (Boyer 1969, 11). Por el contrario, Tamboréro y Sakarovitch lo llaman «maestro pintor» y añaden: «On peut s'interroger sur le

fait qu'un homme, peintre à l'origine, et bien qu'initié aux besoins géométriques de son métier, puisse en si peu de temps («menos que un mes» con Hardouin-Mansart) prétendre à diriger l'épure, l'exécution et le mise en œuvre d'une voûte aussi complexe» (Tamboréro 2003, 1900. Texto francés por cortesía del autor).

La historia del pintor-arquitecto de los siglos XV al XVII está todavía por escribir. Simplemente recordemos aquí el ejemplo de esos arquitectos eminentes formados en un oficio (Brunelleschi), como pintores (Rafael), o como escultores (Miguel Ángel), bien como figuras menos conocidas, tales como el pintor florentino Jacopo Torni que en 1522 fue nombrado el maestro mayor de la catedral de Murcia (Calvo López 2005), o el pintor y el escultor Pierre Puget de Marsella, formado primero como escultor marítimo y después como pintor, para convertirse después en un arquitecto de gran prestigio. Puget recibió en ocasiones epítetos tales como «le grand Puget» (Hautecoeur 1948, 2: 220) y «grand Peintre, grand Sculpteur et ensemble grand Architecte» (Connors 1990, 226). Al volver a Francia en 1667, decoró el Ayuntamiento de Marsella y en 1671 comenzó la construcción de un nuevo hospital para Marsella que había diseñado tras repetidas súplicas repetidas del *Bureau de l'Hospice*. De 1668 en adelante, dirigió un hacia adelante dirigió un extenso proyecto de embellecimiento urbano para los *Échevins* de Marsella. Hemos visto que entre 1669–1671 trabajó como arquitecto del arsenal de Toulon (Hautecoeur 1948, 2: 217–221). Charvet cree que Pierre Puget, asistido por su hermano Gaspard, un maestro de cantería, fue contratado por los responsables del edificio de Arles para hacer dos viajes en 1672 a la ciudad para diseñar las plantas y alzados del ayuntamiento, obviamente nunca ejecutados (Charvet 1898, 400–401; Hautecoeur 1925, 325; Hautecoeur 1948, 2: 214–221; Boyer 1969, 4).

Estas observaciones generales se pueden complementar con acontecimientos específicos en la carrera de Peytret que sugieren su capacidad como arquitecto. Peytret había presentado su propio proyecto para el ayuntamiento de Arles poco después del rechazo del proyecto de Puget y la presentación del proyecto de Frère Clément y de Lieutard el suyo el 12 de febrero de 1673 (Charvet 1898, 401; Boyer 1969, 4). Aunque el *Conseil de Ville* seleccionara esté último el 12 de marzo, Boyer señala que Peytret tenía suficientes apoyos en ese cuerpo, por lo que el 20 de abril decidió delegar la elección en los *Consuls*. Por lo tanto, incluso antes de la llegada de Hardouin-Mansart, Peytret estaba bien visto como arquitecto por las autoridades municipales. Mientras continuaba la construcción del Ayuntamiento tras la visita de Hardouin-Mansart, Peytret entregó planos para las cubiertas de madera (Boyer 1976, 502).

Poco después de la terminación del Ayuntamiento de Arles, el *Premier Consul* Monsieur de Boche propuso erigir en la plaza a la que dan este edificio y St.-Trophime un antiguo obelisco romano de aproximadamente 20 m que había sido encontrado en dos trozos en jardines privados de Arles. El fragmento más grande, que medía 5.5 *cannes* (11.25 m) estaba todavía enterrado en su mayor parte, mientras que la pieza más pequeña, de veinte pies, se empleaba como banco en el jardín de Jean de Sabatier. Peytret se ofreció para extraer la piedra enterrada, transportar los dos fragmentos, y erigir el monumento para el cual diseñaría también un pedestal. El municipio veía con orgullo este proyecto, puesto que Arles sería la única ciudad junto a Roma y Constantinopla con un monumento semejante. Dado la importancia de este encargo, la decisión de confiarlo a Peytret es significativa. Como Jean de Sabatier observó: «Ce projet parut d'abord d'une exécution presque impossible; mais *Peitret*, dont on connaissoit l'expérience, assura si fort de l'exécuter, que donnant un rôle de ce qu'il falloit pour l'élever, qui n'excédoit pas six mille livres» (El transporte real, ejecutado lentamente y con dificultad, llevó a varios de los *Consuls* a contratar a dos hombres con más experiencia, que terminaron la tarea y erigieron el obelisco encima del pedestal de Peytret. Peytret dirigió la excavación del cimiento del pedestal hasta el nivel de quince pies, donde los obreros encontraron una sólida sala de unas termas romanas, lo que hizo innecesario profundizar más; al mismo tiempo, uno de los dos hombres contratados para erigir el obelisco persuadió a los *Consuls* para que obtuvieran mástiles, cuerdas y poleas del *Intendant des Vaissaux* del puerto de Toulon para llevar adelante el proyecto el proyecto). Erigido con gran ceremonia el 20 de marzo de 1676, el obelisco dio lugar a avisos enviados a Roma y a Versalles; Louis XIV que informaba personalmente a la corte esta realización (Sabatier 1877, 195–196, Fabre 1743, 96).

De acuerdo con una nota junto a el portal del Hôtel-Dieu de Arles, en 1678 Peytret recibió el encargo de doblar el tamaño del hospital de la ciudad, el Hôtel-Dieu, donde construyó dos alas adicionales em-

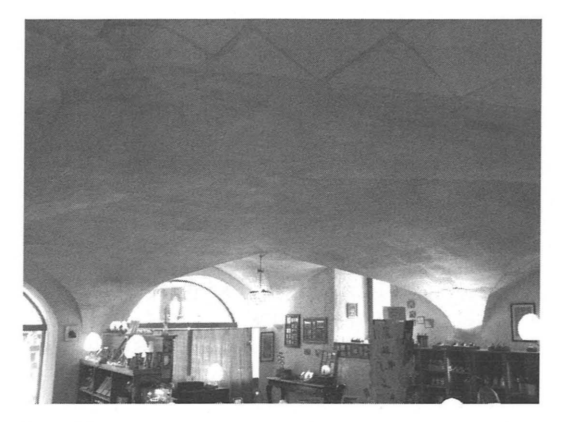



Figura 7
Jacques Peytret, Hôtel-Dieu, Arles: (a) sala abovedada, (b) detalle (foto: autor)

pleando diferentes tipos de bóvedas estereotómicas. En una de ellas empleó una bóveda de cañón larga y muy rebajada. En otro punto empleó una serie de bóvedas de arista contiguas rebajadas, con soportes intermedios, lo que recuerda uno de los planos del Ayuntamiento conservados en los archivos municipales. (Boyer 1969, fig. 5). Un tercer tipo cubre una gran sala en esquina (figura 7), sin soportes intermedios, de 6,4 × 8,25 metros en planta, un alarde estructural con una insólita forma abovedada que combina bóvedas en rincón de claustro que se interpenetran en el centro con bóvedas de arista dispuestas en diagonal en la periferia, y arcos Tudor llenos de gracia que dan la sección de la curva generadora de cada una de ellas. La bóveda tiene el carácter dramático y el dinamismo estético de una placa doblada chata, que presenta una fuerte evocación de un movimiento fluyente. Como en la excepcional y poco ortodoxa penetración de la bóveda del ayuntamiento, nos encontramos aquí con los signos distintivos de una imaginación singular.

Por tanto, siempre que hablemos de la bóveda de Arles, también debemos recordar estas otras bóvedas y al pintor-arquitecto local que aparece haber contribuido tanto a la tradición de la bóveda de la región. Charvet erró cuando tomó por irrelevante la clarificación de las contribuciones relativas de Jules Hardouin-Mansart y de Jacques Peytret en el diseño del vestíbulo abovedado de la casa consistorial (Charvet 1898, 397–38). El coste, la estética, la teoría estructural, las prácticas culturales, el mecenazgo, los prototipos, y el paso del tiempo desempeñaron su papel en una compleja sucesión de acontecimientos a lo largo de la cual cada uno de estos dos artistas hizo sus particulares aportaciones a una obra maestra cuya gracia y belleza no puede ser separada de su contexto histórico.

Agradecimientos

En cuanto a la documentación, estoy agradecido a Fabienne Martin, Responsable des fonds patrimoniaux, Médiathèque et Bibliothèque Municipale d'Arles, y a Sylvie Rebuttini, Responsible des Archives Communales d'Arles. Francine Riou y Odile Caylaux, de la Office de Tourisme de Arles, prestaron asistencia en mi reciente visita a la ciudad con objeto de estudiar la casa consistorial. Giuseppe Fallacara, José Calvo López, Thomas Noble Howe, y Luc Tamboréro aportaron sugerencias útiles en varias de las cuestiones planteadas por este trabajo. Alejandra de la Torre tradujo cuidadosamente mi texto inglés y José Calvo López prestó una generosa ayuda con el vocabulario técnico.

Lista de referencias

Ackerman, James S., 1949. «Ars Sine Scientia Nihil Est»: Gothic Theory of Architecture at the Cathedral of Milan. *The Art Bulletin*, 31 (June): 84–111.

Becchi, Antonio. 2002. «Chambre H.» Per una storia del costruire. En Becchi, A. y F. Foce (eds.). *Degli archi e delle volte,* 17–127. Venecia: Marsilio.

Benoit, Fernand. 1933. «L'Hôtel de Ville d'Arles». *Mémoires de l'Institut historique de Provence*, 10: 163–177.

Boullée, Étienne-Louis. 1968. *Architecture. Essai sur l'art.* editado por Jean-Marie Pérouse de Montclos. Paris: Hermann.

Boyer, Jean. 1969. «Jules Hardouin-Mansart et l'Hôtel de Ville d'Arles». *Gazette des Beaux-Arts*, 74: 1–32.

Boyer, Jean. 1976. «L'Hôtel de Ville d'Arles». *Congrès archéologique de France*, 134: 502–521.

Chambareau, Jacques, y Dominique Pilleporte. 1673. Informe sobre la cimentación de la bóveda del vestíbulo del Ayuntamiento de Arles. 24 de Noviembre de 1673. Archives communales, Arles (ACA).

Charvet, E.-L.-G. 1898. «L'Hôtel de Ville d'Arles et ses huit architectes». *Réunion des Sociétés des Beaux-arts des Départements*, 21: 396–418.

Calvo López, José. 2005. «Jacopo Torni l'Indaco vecchio and the Emergence of Spanish Classical Stereotomy». En *Teoria e practica del costruire*, Bologna-Ravenna: Università di Bologna-Fondazione Flaminia-Edizioni Moderna, 2: 461–471.

Connors, Joseph. 1990. «Ars Tornandi: Baroque Architecture and the Lath». *Journal of the Warburg and Courtauld Institute*, 53: 217–236.

Delorme, Philibert. [1561] 1988. *Les Nouvelles inventions pour bien bastir et à petits fraiz*. En *Traités d'architecture*, editado por Jean-Marie Pérouse de Montclos. Paris: Léonce Laget.

Fabre, Antoine. 1743. *Panégirique de la ville d'Arles, prononcé le 25 avril 1743...suivi de Remarques historiques...* Arles: Gaspard Mesnier.

Hautecoeur, Louis. 1925. «Le Vestibule de l'Hôtel de Ville d'Arles». *L'Architecture* 38: 323–324.

Hautecoeur, Louis. 1948. *Histoire de l'architecture classique en France.* Vol. 2: *Le Règne de Louis XIV.* Paris: A. and J. Picard.

Pérouse de Montclos, Jean-Marie. 1982. *L'Architecture à la française. XVe, XVIIe, XVIIIe siècles.* Paris: Picard.

Pérouse de Montclos, Jean-Marie. 1983. «La Voûte de l'Hôtel de Ville d'Arles». *Culture et création dans l'architecture provinciale de Louis XIV à Napoléon III. Travaux et Colloques de l'Institut d'Art*. Publications de l'Université de Provence, 123–128.

Procès-verbaux de l'Académie royale d'Architecture, 1671–1793, editado por Henry Lemmonier, 10 vol. Paris, 1911–1929.

Sabatier, Jean. 1877. «Mémoires des affaires publiques auxquelles j'ai eu quelque part». *Le Musée. Revue arlésienne, historique et littéraire*, 193–197.

Tamboréro, Luc. 2006. The «Vis Saint-Gilles,» Symbol of Compromise between Practice and Science. En Dunkeld, Malcolm et al. (eds.). *Proceedings of the Second International Congress on Construction History*. Ascot: Construction History Society, 3025–3039.

Tamboréro, Luc, y Joël Sakarovitch. 2003. «The Vault of Arles City Hall: A Carpentry Outline for a Stone Vault?» En Huerta Fernández, Santiago (ed.). *Proceedings of the First International Congress on Construction History*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, 1899–1907.

Thomson, David. 1993. *Renaissance architecture: Critics, Patrons, Luxury.* Manchester: Manchester University Press.

Walton, Guy. 1965. «Les Dessins d'architecture de Puget pour la reconstruction de l'Arsenal de Toulon». *L'Information d'Histoire de l'Art* 10 (September-October): 162–174.

Incidencia de los levantes en el deterioro de un sistema constructivo: el ensanche de Cortazar

Lauren Etxepare Igiñiz

El ensanche de Cortazar, en Donostia-San Sebastián, cuenta con 560 inmuebles aproximadamente, de los cuales unos 400 son originarios de su periodo de construcción, que transcurre entre 1865 y 1916. Se trata de edificios que no fueron levantados sobre preexistencias ni son reformas de otros anteriores. Al contrario, se levantaron sobre un arenal virgen y según proyectos originales, por lo que constituyen un campo idóneo para estudiar la evolución vital de un sistema constructivo decimonónico, el cual se prolonga hasta las dos primeras décadas del siglo XX y cuyo mayor rasgo consiste en el carácter mixto de su estructura.

A diferencia de otros sistemas empleados con anterioridad en el tiempo, basados exclusivamente en fábricas de piedra, y en contraposición al predominio hegemónico que alcanzarán las estructuras de hormigón armado en la segunda mitad del siglo XX, las estructuras típicas del ensanche donostiarra se caracterizan por ser mixtas, a base de muros perimetrales en mampostería o sillería y un entramado interior de madera.

Son estructuras trazadas según criterios tectónicos y tradicionales, en las que por encima de los criterios de resistencia priman los tamaños de los materiales y la estabilidad. Las escuadrías en postes y frontales de madera responden a las dimensiones naturales del tronco, y la parte de su resistencia que como consecuencia de los esfuerzos agotan puede calificarse de considerable. El diseño y dimensiones de los muros de piedra, al contrario, vienen condicionados por criterios de estabilidad que requieren de mayores anchos, por lo que las fábricas de mampostería y sillería agotan poco más que la centésima parte de su resistencia.

El sistema objeto de análisis se verá condicionado por este rasgo y la llegada del hormigón armado en la última fase de crecimiento del ensanche no supuso variación alguna en lo que respecta a la relación entre la estructura interior y el sistema murario perimetral. Hasta que el paradigma clásico, según el cual la envolvente soporta a los techos interiores quede reemplazado por exactamente lo contrario, el sistema constructivo decimonónico se prolongará, relegando el hormigón al entramado interior y a elementos ornamentales de fachada.

En este complejo contexto material, el carácter, el grado de incidencia y los tiempos en los que se manifiesta el deterioro de las partes que componen un edificio pueden responder a dos grupos de causas. El origen puede consistir, por un lado, en el deterioro inherente a los materiales, sujetos a su propia evolución vital durante la cual sus características pueden verse deterioradas. Esta evolución reológica, estrechamente relacionada con la vida de los materiales constituye el deterioro genérico del sistema.

En otro orden, el deterioro viene a depender de las alteraciones llevadas a cabo en alguno de sus componentes. Sea bajo el nombre de rehabilitación, reforma, modificación o levante, la práctica totalidad de los edificios que componen el ensanche de

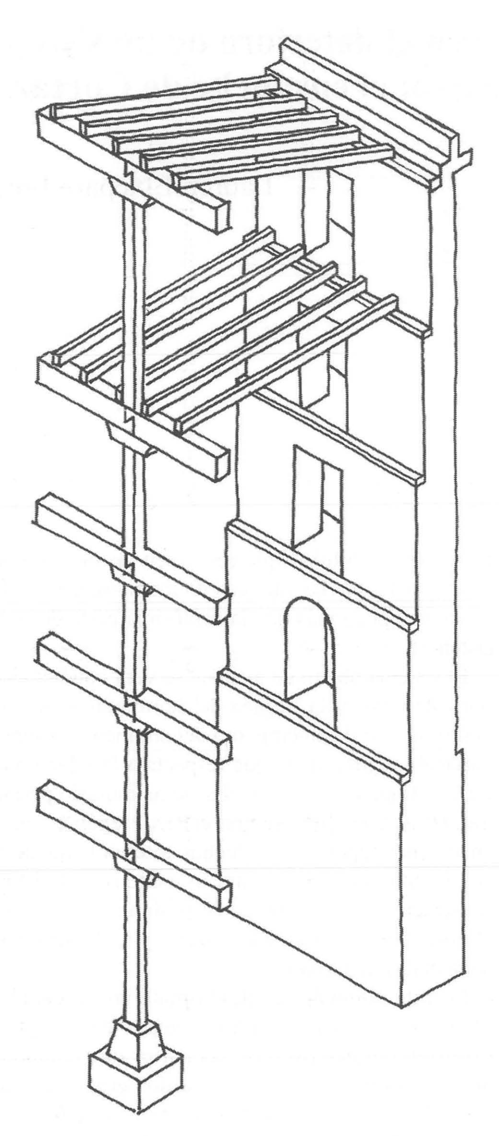


Figura 1
Estructura típica del Ensanche de Cortazar. Relación entre el entramado principal, la solivería y la fachada

El deterioro genérico

El deterioro genérico, aquel calificable de común, se compone de todas aquellas lesiones susceptibles de manifestarse en cualquier edificio de los que componen el ensanche, alterado o no, y se encuentra íntimamente ligado con el ciclo vital de los materiales, principalmente estructurales: madera de roble, hormigón armado, calizas y areniscas.

La evolución de la madera se manifiesta principalmente en sus deformaciones, que tienden a aumentar a lo largo del tiempo, en virtud de la deformación diferida de la madera ante acciones prolongadas. Pero no sólo se encuentra sometida a un deterioro genérico intrínseco. El ataque de agentes bióticos como los xilófagos, especialmente la termita, son origen de una pérdida de sección y de una desintegración de la estructura de fibras.

El deterioro de las estructuras interiores de hormigón se da principalmente en forma de carbonatación, que puede venir favorecida además por el ataque de cloruros en el caso de que el elemento se encuentre a la intemperie, mientras que la piedra arenisca es atacada por el SO_2 que acidifica la lluvia, y por las sales disueltas en la lluvia. Estos provocan un proceso paulatino que se manifiesta en forma de disgregación granular, descamación, desplacación y alveolización. Generalmente constituye un ataque superficial para la piedra arenisca de fachada, precisamente en el menos solicitado de los materiales.

Finalmente, toda la evolución reológica de los materiales estructurales queda magnificada por el suelo sobre el cual descansa la estructura. El ensanche de Cortazar se levanta sobre un suelo arenoso de carácter compresible, que pone en evidencia y colabora en que los cuadros patológicos sean de mayor magnitud y se aceleren, especialmente en lo que a deformaciones de la estructura se refiere. Si no fuera por el carácter amplificador del suelo arenoso, parte de las lesiones genéricas del sistema que nos ocupa hubieran pasado desapercibidas.

Cortazar se ha visto alterado en uno o más momentos determinados de su vida, y estas alteraciones han podido ser origen de unos daños de carácter específico.

El deterioro específico: La incidencia de los levantes

El deterioro específico se compone de todos aquellos cuadros de lesiones que no hubieran tenido lugar de

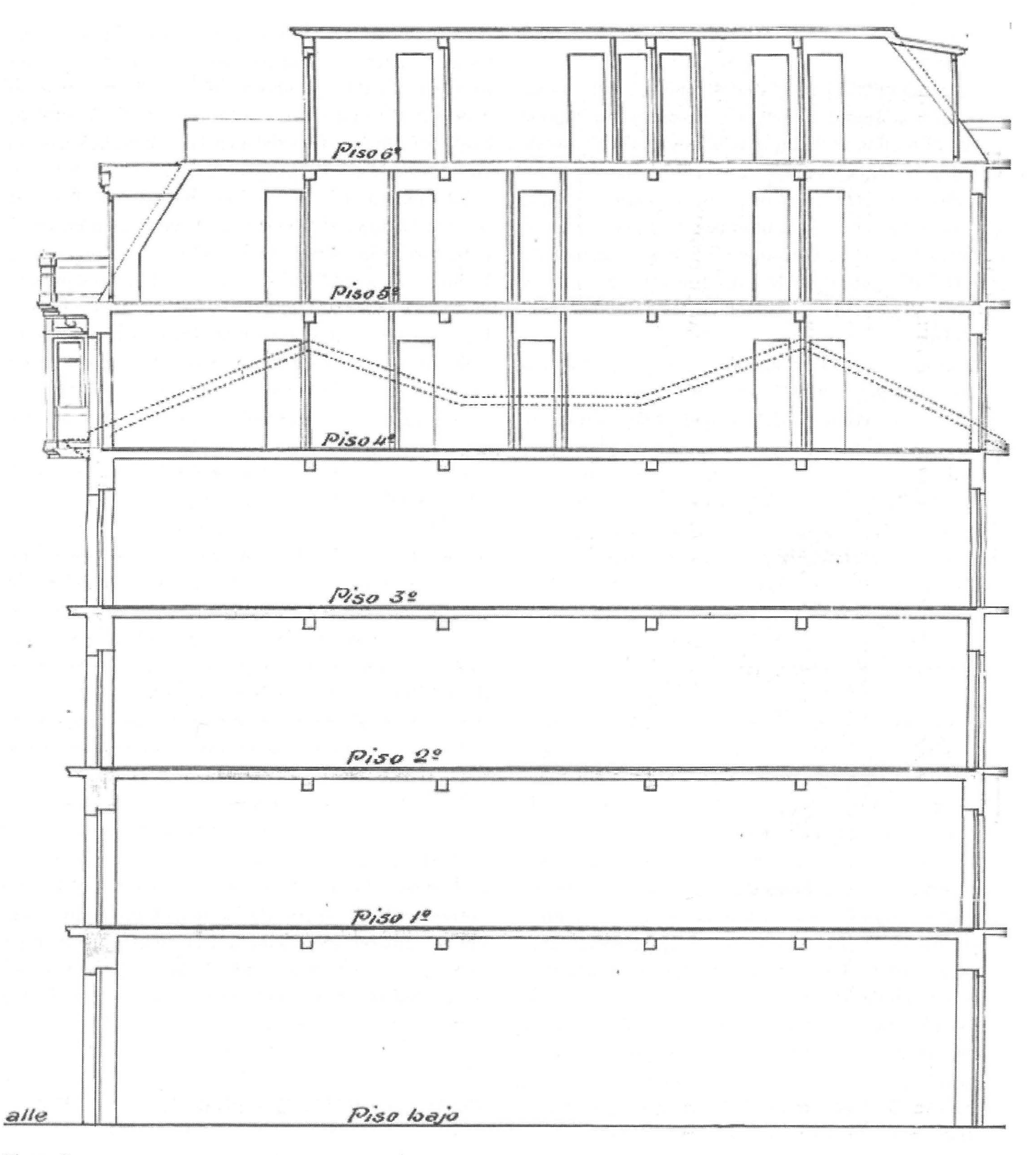


Figura 2
Sección transversal del proyecto de elevación de dos pisos en el nº 14 de C/ Arrasate. Año 1923 (AMSS)

no haberse alterado el edificio, y cuyas características guardan una relación causa-efecto con aquellas modificaciones realizadas sobre los elementos estructurales del edificio.

Sin obviar otro tipo de alteraciones que han podido ser causa de lesión en casos determinados, los diversos tipos de levantes son, en cada una de sus acepciones, las alteraciones que en mayor grado han

provocado desórdenes constructivos sobre el edificio preexistente.

La incidencia de estas operaciones se debe entre otros, al importante incremento de cargas que supone añadir al menos una planta más destinada al uso de vivienda, aunque también está relacionada con la alteración provocada en el descenso de cargas, ya que lejos de optar por la continuidad, la mayoría de los levantes fueron construidos con una estructura de material diverso al de la estructura preexistente y cuyo tipo no guardaba relación con el inmediatamente inferior.

A su vez, vista la evolución que han experimentado las ordenanzas en relación con los perfiles de los edificios y la evolución de los cuadros de lesiones, se constata que a cada tipo de ordenanza le corresponde así mismo un contexto patológico propio, diferente en la medida en que dichas ordenanzas difieren entre sí al establecer el número máximo de plantas, su perfil, la relación entre cubierta y fachada, la posibilidad de abrir terrazas o solanas etc.

Los primeros levantes

Los primeros levantes, construidos según las ordenanzas de 1889,[1] 1892,[2] 1900[3] y 1905,[4] se caracterizan por la continuidad tipológica, material y técnica. El incremento del perfil no está contemplado en dichas normas y las cubiertas no sufren alteraciones considerables. Se trata de operaciones que inciden ligeramente en las lesiones de tipo genérico como los asientos diferenciales y en todas aquellas lesiones cuyo origen es el acortamiento de los postes: deformaciones en suelos y techos, grietas en tabiquería y cajas de escaleras.

Estas primeras reformas alteran el edificio pero no así el sistema: por un lado se dan las primeras reformas de cubierta, consistentes en modificar su caída, incorporar beatas y otro tipo de trabajos secundarios. Se darán por otro lado algunas operaciones de mayor envergadura, como levantar la cubierta para habilitar una vivienda en lugar del desván, haciendo que el perfil de la casa pase a ser de planta baja, 4 plantas altas y un ático a dos aguas.

En más de una ocasión se recurre al mismo maestro de obras responsable del edificio originario para proyectar y dirigir el levante. Además, el hecho de que no haya pasado largo tiempo entre la construcción del edificio y el levante posterior, el que las técnicas y materiales constructivos no hayan evolucionado significativamente y sigan siendo similares, hacen que el diseño y la configuración estructural de éstas reformas vengan a guardar coherencia con el edificio sobre el cual se ejecutan.

La madera será el material estructural al que se recurre en todos los casos. Una vez desmontada la cobertura y la estructura de cubierta, se procedía a levantar los nuevos postes, o en su defecto a prolongarlos por medio de empalmes. Los muros medianiles, a su vez, eran suplementados con muros de ladrillo de un pie con el objeto de delimitar y cerrar lateralmente los volúmenes añadidos.

El reparto de las nuevas cargas añadidas entre los muros medianiles y los postes de la estructura interior no queda exento de consecuencias: el incremento de tensiones en los postes puede considerarse como importante, toda vez que ya venían trabajando a tensiones considerables. Así mismo aumenta considerablemente la tensión ejercida por las zapatas de los postes interiores.

Sin embargo, el hecho de suplementar los medianiles de mampostería de piedra caliza con un muro de ladrillo de un pie y una o dos alturas, no supone más que un pequeño incremento de las tensiones de trabajo, tanto en los paños intermedios como en el plano de apoyo.

Por lo tanto, estos primeros levantes inciden en una cuestión ya existente desde el comienzo, a saber, la diferencia de tensiones ejercidas por los diferentes cimientos sobre el suelo. Así como en el estado cero correspondiente al edificio no levantado, la divergencia de tensiones se mantenía en unas proporciones menores, el incremento de cargas incide con mayor intensidad sobre los postes interiores, de manera que la divergencia se acentúa.

Los levantes de los años 20–30

En las Ordenanzas de 1916[5] se modifica el perfil permitido para las plantas superiores, de manera que por primera vez se recoge la posibilidad de incrementar el perfil de los edificios con la condición de que la fachada de dicho volumen quede dentro de una envolvente cuyas trazas se definen para cada uno de los órdenes. Las construcciones que se levanten en las calles se someterán por lo tanto a los perfiles corres-

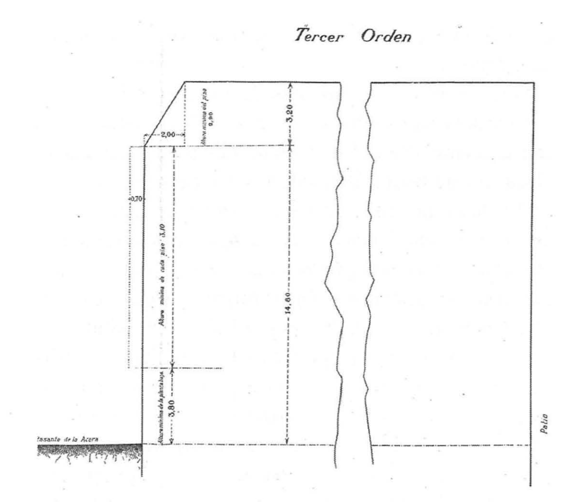


Figura 3
Ordenanzas de 1916. Envolvente máxima para las casas en calles de tercer orden (AMSS)

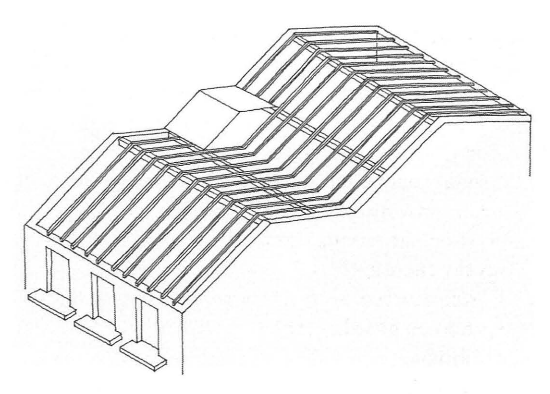


Figura 4
Estructura de cubierta original del nº 4 de la C/ Alfonso VIII

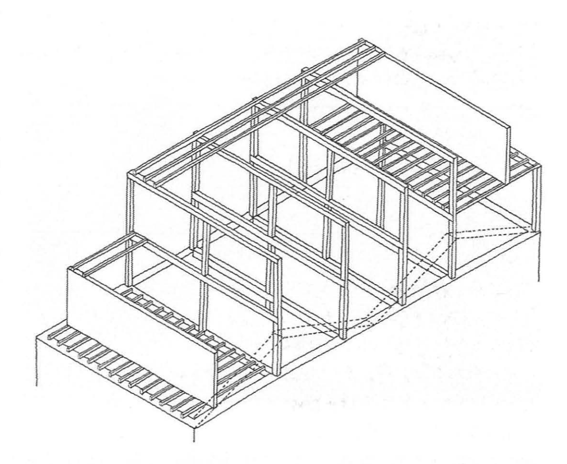


Figura 5
Estructura añadida sobre el nº 4 de la C/ A Alfonso VIII. Año 1924

pondientes, que continúan proponiendo una solución amansardada. No obstante, la interpretación que de dichos límites acaba imponiéndose será la de las terrazas retranqueadas.

El retiro que dichos retranqueos guardarán respecto de la fachada, generalmente de dos metros, no guarda relación con las crujías inferiores y el criterio para establecerlo es puramente compositivo, sin consideración hacia cuestiones estructurales como el fondo de las crujías o la situación de los postes. De manera que dichas fachadas descansan sobre un forjado de madera compuesto por vigas y solivos. Una vez retirada la antigua cubierta, a dos metros de la fachada por su lado interior, se disponía una durmiente de madera sobre la cual se levantaría la nueva fachada.

Considerando que un fondo tipo para la primera crujía de un edificio de éstas características es de entre 3,5 y 4 m, se deduce que la nueva fachada de muro de ladrillo cargaba aproximadamente a mitad de luz sobre los solivos inferiores, dispuestos transversalmente.

Como consecuencia, los esfuerzos en dichos solivos se incrementan hasta un punto para el cual no han sido previstos, dando origen a un problema que ha quedado patente en las décadas posteriores: a medida que la resistencia de la madera ha disminuido, que las cargas de los pisos superiores han incrementado o que determinada entrada de agua ha humedecido la madera haciéndola vulnerable a cualquier agente patógeno, las deformaciones, flechas y pendientes de dichas terrazas se han visto alteradas, dando origen a diversos cuadros patológicos

Estos levantes han presentado por lo tanto, cuadros asociados al retranqueo de las fachadas en las últimas plantas. Las solanas derivadas del retran-



Figura 6
Humedades sobre cielo raso, bajo el apoyo de la fachada retranqueada superior



Figura 7
Daños en estructura de la azotea debidos a la entrada de agua por fallo de la lámina impermeable

queo, posibles en la práctica gracias a la comercialización de las láminas impermeables, constituyen un elemento sensible condicionado por las deformaciones instantáneas y diferidas características de un sistema estructural mixto. Sea al poco tiempo de la construcción del levante y debido a los asientos diferenciales diferidos, como décadas más tarde a causa del acortamiento de los postes, las terrazas son susceptibles de ver invertidas sus caídas, de manera que la lluvia acabe acumulándose bajo la fachada. Si el plegado de la lámina y su solape bajo la fachada no es suficiente se abre una vía de agua sobre la vivienda inferior.

Son reformas que además de incidir en las lesiones ya detalladas para los primeros levantes, provocan lesiones hasta el momento ajenas al sistema. Se observa que buena parte de los cuadros patológicos de los levantes de los años 20–30 están asociados a la redacción de las ordenanzas, que definen el perfil *limitado por* la recta trazada desde ese punto al primeramente señalado. Promotores, arquitectos y constructores se benefician de dicha expresión, que prohíbe sobrepasar el perfil inclinado pero no obliga a ceñirse al mismo, dando vía libre a los escalonamientos de los áticos. Además, en los primeros años del siglo XX hará entrada la azotea, ya que las propias ordenanzas obligarán a unir los dos puntos más altos del perfil con una línea horizontal que limite el volumen. Será por lo tanto con los levantes de los años 20 y 30 cuando hagan su aparición los cuadros de lesiones asociados con el deterioro de las azoteas.

Los levantes de mediados de siglo

Desde mediados de los años cuarenta hasta los primeros sesenta se realizará un buen número de levantes bajo las Ordenanzas de 1943.[6] En cuanto al material estructural respecta, la madera queda relegada en beneficio de otros dos materiales: el hormigón armado y el acero laminado. Estos, a su vez, se alternan en su primacía, ya que en los años cuarenta la estructura de los nuevos levantes es principalmente de hormigón armado, mientras que a medida que el siglo avanza, los perfiles laminados serán los más empleados, por razones de ligereza y montaje.

Favorecidos por la confianza depositada en los materiales representativos del siglo XX, los levantes de mediados de siglo se caracterizan por su envergadura y por los grandes incrementos en forma de dos, tres y hasta cuatro plantas añadidas. El hecho de conocer el orden de esfuerzos de los diversos elementos que participan en el descenso de cargas induce a que una serie de nuevos recursos estructurales haga su entrada y se conviertan en elementos de fuerte carácter compositivo. Es el caso de la prolongación de los pórticos sobre las terrazas, cuya misión no es otra que derivar la mayor parte de las cargas añadidas al elemento menos requerido: la fachada.

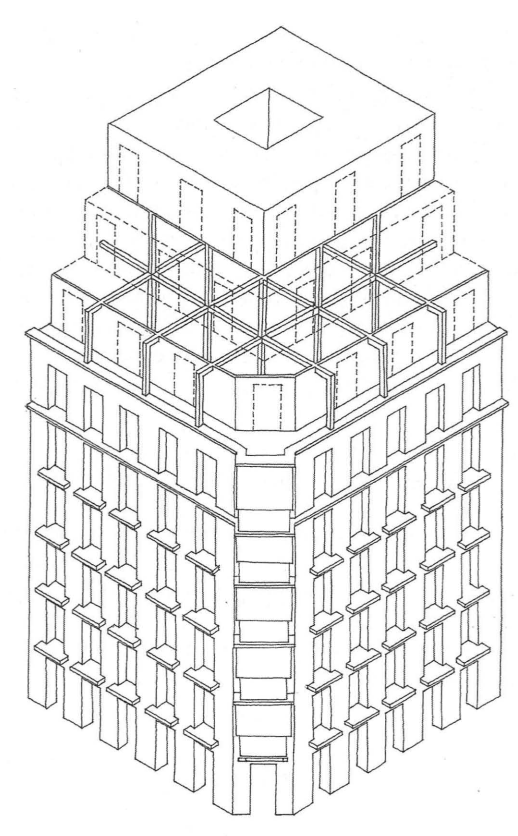


Figura 8
Esquema estructural del levante sobre el nº.1 de la C/ Bengoetxea. Año 1962



Figura 9
Trabajos de construcción del levante sobre el nº 1 de la C/ Bengoetxea. Año 1962



Figura 10
Cabezales fisurados debido a la carga puntual ejercida por el pórtico prolongado

Esta pérgola apoyará sobre la coronación de los muros perimetrales, tratando de cargar lo menos posible el armazón interior, y será un elemento de fuerte presencia, cuya influencia arquitectónica se ha prolongado hasta nuestros días y que en ocasiones ha sido origen de lesiones en fachada. Hay constancia de lesiones en cabezales de los huecos más altos de las fachadas originales como consecuencia del apoyo indebido de los pórticos, que no descansan sobre los machones intermedios sino que caen encima de los huecos, provocando esfuerzos excesivos sobre los cabezales y provocando la rotura de los mismos.

La exposición a la intemperie de los materiales estructurales en este tipo de levantes abre una vía de deterioro en los mismos, específico y genérico al mismo tiempo. El hormigón que hace su entrada en los años cuarenta y es empleado para levantar las estructuras suplementarias de refuerzo, no se encuentra protegido en los extremos de los pórticos, quedando a la intemperie y constituyendo un punto débil en el que la carbonatación avanza a más de 1 mm/año.

Además, dichos levantes en hormigón armado se apoyaban sobre estructuras de madera que en la mayoría de los casos no era reforzada, por lo que la incidencia de estos levantes en los acortamientos y flechas de las estructuras de madera es muy importante.

Los levantes de las últimas décadas

Los levantes y reformas de las últimas décadas se caracterizan por la apertura de soluciones. Sea por la elección de los materiales de cubierta o fachada, sea por el material, el diseño estructural o la composición.

Estos levantes se realizarán bajo el ámbito legal establecido en 1977, cuando se aprueba inicialmente el Plan Especial del Área «R» de San Sebastián,[7] hasta que en 1995 se aprueba definitivamente el Plan General de Ordenación Urbana de Donostia-San Sebastián.[8]

Este Plan constituye una normativa específica para el Área «R», que comprende los ensanches antiguos —Cortazar, Oriental y Gros— de San Sebastián y establece las posibilidades de actuación en cada uno de los edificios. Permitirá las obras de sustitución con demolición de fachadas permanentes tan sólo en el caso de que se encuentren en estado de ruina total, y así mismo permitirá las obras de mejora, es decir todas aquellas que conservando aquellos elementos que mantengan el carácter urbano del edificio, permitan la reutilización de los mismos adaptándolos a las necesidades del momento.

El Plan establece que en todo edificio se distinguirán los «elementos fijos» de los «elementos modificables», y que las obras de mejora serán susceptibles de licencia siempre y cuando atiendan a la conservación de los elementos fijos y al cambio de los elementos modificables. Se consideran elementos fijos las fachadas primitivas originales hasta la cornisa con inclusión de los torreones y otros elementos arquitectónicos incluidos en las mismas. Se consideran como modificables las fachadas a patio, la estructura, el portal, la distribución interior de las plantas, las cubiertas y los patios interiores.

De esta manera, el Plan establece el perfil de cada uno de los edificios en función del perfil establecido por la normativa vigente en el momento de su construcción y del orden de la calle en la que se sitúa. Se percibe una vocación de cerrar un ciclo normativo que se considera ya agotado y que ha dado pie a numerosas actuaciones consideradas como excesivas, ciclo que comienza con las Ordenanzas de 1916, aquellas que por primera vez permiten el levante en forma de ático retranqueado. Estas actuaciones, a base de levante sobre levante, se encuentran diseminadas por el ensanche y en algún caso llegaron a incrementar el perfil hasta el extremo de alcanzar el doble de altura del edificio original.

Los levantes de las últimas décadas se construyen en un contexto social y político radicalmente diferente. Ya en la administración local como entre proyectistas se detecta la voluntad de dar por cerrado el ciclo de levantes prolongado durante más de un siglo y que se considera agotado. Los levantes, a diferencia de aquellos construidos bajo ordenanzas anteriores, se entenderán como una cubierta y carecerán de una fachada que pueda desvirtuar la fachada inferior original. Se percibe una voluntad de recuperar y realzar las fachadas de sillería originales, cuya percepción durante las décadas anteriores ha sido distorsionada por los sucesivos añadidos.

Es patente la preocupación de los redactores del Plan Especial por la restitución de los criterios compositivos originales, así como por alcanzar una solución de compromiso entre la solución compositiva contenida y las necesidades de propietarios y promotores. La opción por hacer desaparecer los retranqueos y la voluntad de que las fachadas inclinadas que sobresalen de las cornisas sean entendidas y per-

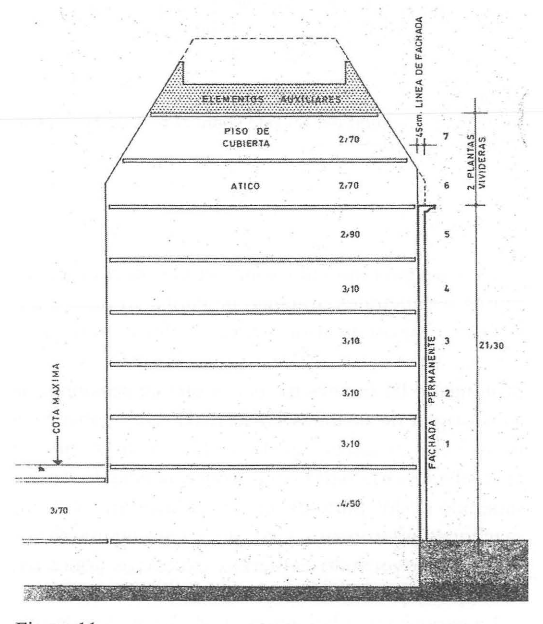


Figura 11
Perfil Normativo del Plan Especial del Área «R». Año 1977 (AMSS)

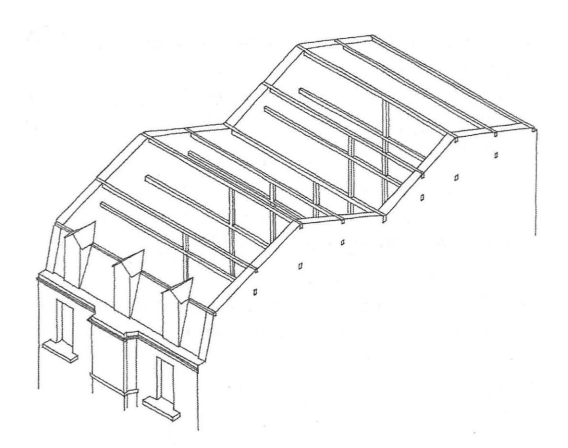


Figura 12
Estructura de cubierta original del nº 6 de la C/ Getaria

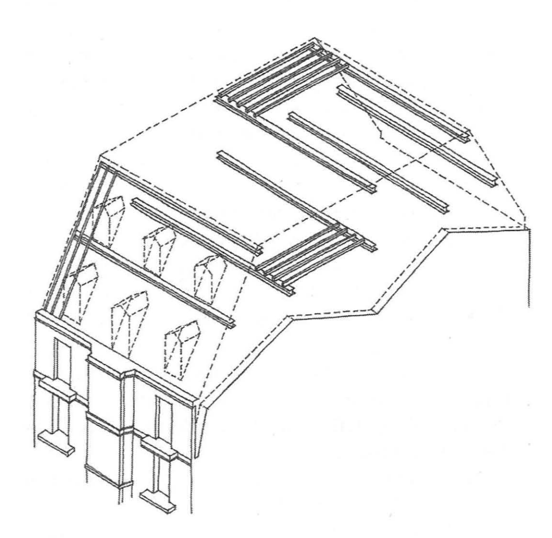


Figura 13
Estructura del levante sobre el nº 6 de la C/ Getaria

cibidas como cubierta, suponen en parte un perjuicio que viene a ser compensado por la posibilidad de habilitar dos plantas de cubierta por encima de la cornisa. No en vano el perfil habitual resultará ser una cubierta mansarda de doble altura cuyo acabado subrayará su carácter de cubierta, sea pizarra, zinc o cobre.

Por otra parte, los levantes de las últimas décadas evitarán incidir en los fallos del sistema tales como los asientos diferenciales, y la voluntad de que los nuevos pisos carguen sobre los muros de fachada, será patente tanto en ordenanzas como en proyectos. Puede reseñarse la posibilidad de empujes horizontales transmitidos sobre la coronación de los muros debidos al apoyo de pares inclinados, por tratarse de cubiertas amansardadas, inevitable incluso en el caso de que hubieran sido parcialmente compensados con sistemas de tirantes.

Conclusiones

Del análisis del deterioro correspondiente a los edificios que se han mantenido inalterados, se concluye que por tratarse de un sistema sencillo, basado en estructuras isostáticas cuyos materiales están poco requeridos, el contexto patológico es reducido y previsible, condicionado básicamente por las deformaciones relativas entre elementos estructurales y magnificado a su vez por un suelo arenoso de carácter compresivo que incide en los asientos diferenciales.

Dicho deterioro continuaría siendo reducido de no ser porque el conjunto de edificios residenciales del ensanche Cortazar ha sido cíclicamente y en muchas ocasiones alterado en forma de reformas y ampliaciones. Limitado por la fachada pública y el patio común, el edificio tipo residencial no ha podido ampliarse más que en altura, dando pie a una tipología de ampliaciones extremadamente amplia: desde la más tímida apertura de beata en una buhardilla, hasta operaciones de levante consecuencia de las cuales el perfil de un edificio se ve incrementado en cuatro plantas.

Analizada la evolución de los casos más representativos, se deduce y constata que en contraposición al carácter coherente, homogéneo y reducido del deterioro genérico, los muy diversos tipos de levantes han multiplicado el campo de lesiones, constituyendo un deterioro específico, en el que a cada ordenanza histórica y al tipo de levante permitido en cada época, corresponde un campo patológico propio.

Se constata que determinadas ordenanzas históricas según las cuales fueron construidos buena parte de los levantes de los actualmente existentes, obvian la cuestión constructiva y estructural. Se debe probablemente al desconocimiento de la evolución del edi-

ficio decimonónico, de las características del suelo sobre el que se apoya el ensanche, o debido a una disociación negativa entre la composición urbana y la construcción del edificio. Se sospecha así mismo, que la gestión de las ordenanzas por parte de los agentes constructores y por parte de la administración, ha sido confusa.

Los plazos de las lesiones de carácter específico son función del tipo de alteración y del momento en que esta se ha producido. Los asientos diferenciales añadidos como consecuencia de levantes se manifiestan al poco tiempo de terminarse, y se dan especialmente en aquellos levantes que adoptan la tipología original, así como en los levantes de mayor envergadura. Los plazos son los correspondientes al asiento en suelos arenosos, es decir meses.

La inversión de pendientes en terrazas superiores es función de dos hechos, por lo que atiende a dos plazos. En la medida en que el nuevo estado de cargas haga asentar la estructura inferior, las terrazas pueden comenzar a perder su pendiente original en un plazo breve. Sin embargo el segundo factor que incide en la inversión de pendientes requiere de décadas ya que la fluencia en la madera de los postes no comenzará a manifestarse hasta que las cargas añadidas puedan caracterizarse como permanentes, medio siglo después.

NOTAS

1. Ordenanzas de Edificación de casas de la Ciudad de San Sebastián en el año 1889 (AMSS).
2. Ordenanzas de Edificación de casas de la Ciudad de San Sebastián en el año 1892 (AMSS).
3. Ordenanzas de Edificación de casas de la Ciudad de San Sebastián en el año 1900 (AMSS).
4. Ordenanzas de Edificación de casas de la Ciudad de San Sebastián en el año 1905 (AMSS).
5. Ordenanzas de Edificación de casas en esta Ciudad en el año 1917 (AMSS).
6. Ordenanzas Municipales de Edificación en el año 1943 (AMSS).
7. Plan Especial del Área «R» de San Sebastián (AMSS).
8. Plan General de Ordenación Urbana de San Sebastián (AMSS).

LISTA DE REFERENCIAS

Argüelles, R., Arriaga, F. 1988. *Curso de diseño y cálculo de estructuras de madera*. Madrid: Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid.

Arsuaga, M., Sesé, L. 1996. *Donostia-San Sebastián. Guía de Arquitectura.* Donostia-San Sebastián: Colegio Oficial de Arquitectos Vasco-Navarro. Euskal Herriko Arkitektoen Elkargo Ofiziala.

Esbert, R.M., Alonso, F.J., Ordaz, J., Valdeón, L., Losañez, M., García, R.M. 1988. *Informe sobre Deterioro y Conservación de la Piedra del Teatro Victoria Eugenia de San Sebastián*. Donostia-San Sebastián: Área de Petrología y Geoquímica del Departamento de Geología de la Universidad de Oviedo, en colaboración con GIKESA.

Galarraga, I., Taberna, V. 1996. *La Vasconia de las ciudades. Bayona, Bilbao, Pamplona, San Sebastián y Vitoria-Gasteiz*. Donostia-San Sebastián: Galarraga, I.

Ibañez, M., Zabala, M., Torrecilla, M.J. 2000. *Cementos Rezola. 150 años de Historia*. Donostia-San Sebastián: Cementos Rezola Italcementi Group.

Martín, A. 2004. *Los orígenes del ensanche de Cortazar de San Sebastián*. Madrid: Fundación Caja de Arquitectos.

Monjo, J., Maldonado, L. 2001. *Patología y técnicas de intervención en estructuras arquitectónicas*. Madrid: Editorial Munilla-Lería.

Rosell, J., Cármaco, J. 2005. *Los orígenes del hormigón armado y su introducción en Bizkaia. La fábrica Ceres de Bilbao*. Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Bizkaia.

Serrano, F. 1999. *El lenguaje de las grietas*. Madrid: Fundación escuela de la Edificación.

Sesé, L. 1997. *El estilo en la arquitectura residencial de San Sebastián (1865–1940)*. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de San Sebastián. EHU-UPV.

Materiales y sistemas constructivos de la arquitectura popular del valle de Gistaín

Carlos Fernández Piñar

En esta comunicación se abordan los materiales y las técnicas constructivas empleadas por la arquitectura popular ganadera del valle oscense de Gistaín. El valle de Gistaín o *Chistau* es un valle pirenaico ubicado en la zona central de la cordillera, formado por la cuenca natural de recepción del río Cinqueta, afluente del Cinca.

En el caso de este valle son prácticamente concordantes el concepto orográfico y el valle entendido como entidad administrativa tradicional, algo usual en el Alto Pirineo, pero no en los territorios más al Sur, también conocidos como Prepirineo.

El valle limita al oeste con el valle de Bielsa, al norte con Francia, con el valle del Aure, del que le separan altos picos y collados como el Puerto de Plan, Puerto de la Madera, Culfreda, Puerto de la Pez y Bachimala, al este con el valle de Benasque, ya en la comarca de la Ribagorza, y por el sur queda cerrado por el macizo de Cotiella y Punta Llerga.

La topografía del Valle de Gistaín es muy accidentada, con picos y crestas que en algunos casos superan los 3000 m de altitud y casi todo su territorio (98,5%) por encima de los 1.000 metros.

La entrada del valle es muy cerrada, hasta llegar a un pequeño ensanchamiento de la ribera a la altura del núcleo de Saravillo, que se sitúa sobre un altozano en la margen izquierda. En esta vega de Saravillo el valle se divide en dos riberas: la Comuna de Sin, donde también se encuentran los núcleos de Serveto y Señés, que baja en dirección Noroeste, y la principal, que atravesando el abrupto paso de la Inclusa, lleva a Plan, Gistaín (Chistén) y San Juan, el valle de *Chistau* propiamente dicho, que da nombre a toda la ribera. A partir de este punto el valle toma dirección Norte-Sur, estrecho y rodeado de fuertes pendientes cubiertas de pinares y algunos llanos donde aparece el aprovechamiento humano en forma de praderas características, que también ascienden por algunas laderas, hasta el paraje conocido como *Es Plans* en el que confluyen dos valles secundarios correspondientes al Cinqueta de la Pez y al Cinqueta de Añes Cruces.

Esta parte alta del valle está dominada por los grandes macizos del Posets —Espadas y del Bachimala en el Nordeste y los macizos de Punta Suelza y Culfreda al Norte.

El medio físico

El rasgo más característico del territorio y más determinante para el hábitat humano es su elevada altitud media, así como la también muy elevada pendiente media de los terrenos. Sólo el 1,5 % del terreno es inferior a los 1.000 m de altitud, y el 81 % supera los 1.500 m.

Estas características condicionan de forma determinante la ubicación de los núcleos de población. Es muy escaso el suelo en cota inferior a los 1500 m, que es prácticamente un tope para el establecimiento de núcleos permanentes en el Pirineo, así como los suelos sin pendientes excesivas. Si a esto le sumamos

los condicionantes de orientación, soleamiento y exposición, quedan realmente muy pocos lugares aptos para la ubicación de los pueblos, que son precisamente los elegidos.

En el sustrato geológico predominan los materiales del Paleozoico y Secundario, principalmente. En la parte Norte y Nordeste aparecen los elevados macizos graníticos rugosos y muy desprovistos de suelo, con abundancia de pizarras y esquistos. En la zona Sur el paso del Cinqueta se ve cerrado por las rocas calizas del macizo de Cotiella, levantadas en la orogenia alpina y que obligan al río a realizar un brusco giro hacia el oeste-suroeste, abriéndose paso a través del mencionado paso de la Inclusa.

Este sustrato geológico difiere del más común en la comarca de Sobrarbe a la que pertenece el valle, siendo éste calcáreo en la mayor parte del territorio. Sólo en el extremo nororiental, precisamente en el área de estudio planteada, aparecen las rocas ígneas y metamórficas: granito y pizarras. Esto va a ser un factor diferencial, por los materiales disponibles, de las arquitecturas de los valles de Gistaín y Bielsa respecto al resto de Sobrarbe, donde todo lo que aflora es sedimentario: calizas en las cumbres mas vistosas (Monte Perdido, Peña Montañesa), areniscas y margas en la depresión del corazón de Sobrarbe, calizas de nuevo y conglomerados al sur.

FORMAS DE EXPLOTACIÓN DEL TERRITORIO

Severino Pallaruelo es uno de los autores que mejor han estudiado la relación de la actividad ganadera pirenaica con su ocupación del territorio (Pallaruelo 1988, Pallaruelo 1993).

En el valle de Gistaín confluyen dos formas de explotación ganadera del territorio. La primera, las praderas de siega, se corresponden con el ganado fundamentalmente vacuno que practica la transterminancia ascendente o transhumancia de corto recorrido. Este ganado permanece en el valle estabulado en las bordas (pero no en el pueblo) durante el invierno, y sube a los pastos de alta montaña en verano (entre el mes de Julio y el mes de Octubre). A este tipo de transhumancia de corto recorrido se asocian por tanto las bordas, que permiten la explotación mixta de las amplias praderas naturales del valle. El aprovechamiento de las praderas de siega en las que se asientan las bordas, casi siempre en bancales escalonados ganados a la montaña, es a diente durante la primavera y el otoño y a siega en los meses de verano, acumulándose el heno en el pallé para la alimentación invernal de las vacas.

El ganado vacuno comparado con el ovino ha tenido poca importancia históricamente en el área pirenaica aragonesa. Sin embargo, en el valle de Gistaín parece conocer ya un cierto auge a mediados del siglo XIX. Según Pascual Madoz en su *Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico*,[1] este ganado aparece como una de las riquezas importantes de los municipios del valle. También habla de la recría de ganado mular, que era después exportado, principalmente a Francia. Podemos suponer por tanto que el actual conjunto edificado de bordas proviene de esta época y no de mucho más atrás en el tiempo, pues la tipología está especialmente adaptada para el uso por ganado vacuno, aunque existen algunas bordas que también tienen pesebres para ovejas, y otras, de menor tamaño, denominadas bordetas, de uso exclusivo de ganado ovino.

A este sistema se le superpone el de los pastos en los puertos, ligados a la tradicional transhumancia descendente, fundamentalmente practicada por el ganado ovino. A este espacio corresponden las majadas situadas en los puertos, cuyo fin era dar cobijo a los pastores durante los meses estivales. Históricamente fue de una importancia enorme. Las construcciones situadas en los puertos podrían servir tanto a pastores de ganado ovino transhumante como a los pastores de ganado vacuno transterminante.

El sistema de ocupación del territorio usado en la parte alta del valle de Chistau está caracterizado por agrupar a la población en tres núcleos, Plan, San Juan de Plan y Gistaín, con un tamaño medio, bastante grande para lo que es habitual en el Pirineo de Huesca, con una población total en torno a los 1.000 habitantes y muy próximos entre sí. El valle es amplio, con abundantes pastos que mantenían una cabaña ganadera muy abundante. Las praderas de siega alejadas de los núcleos de explotan por medio de bordas, que llegan a formar concentraciones a modo de poblados estacionales, a veces incluso con su propia ermita (San Mamés, San Fabián). Estas concentraciones forman los barrios de bordas que ocupan las laderas a ambos lados del río Cinqueta: La Poma, Viciele, Lisier, San Mamés, Feneplán, Viadós, Dondelapar, etc.

Este modo de hábitat difiere del usual en el resto del Pirineo de Huesca, donde es mucho más habitual

que la población esté más dispersa en un número mayor de pequeñas aldeas, que controlan y explotan unos prados y campos de cultivo mucho más reducidos.

Las causas de estos diferentes modos de explotación son diversas. En el valle de Giataín la orografía es determinante. La elevada altitud media y también la pendiente prácticamente imposibilitan la ubicación de ningún núcleo de población estable además de los existentes. Es preciso señalar que son escasísimos los pueblos pirenaicos que superan la cota de os 1.500 metros de altitud (Gistaín es uno de los más elevados) y en general los prados de siega se sitúan por encima de esta cota. Las condiciones del terreno (sobre todo las pendientes medias superiores al 40%) y la orientación determinan la ubicación de los núcleos existentes.

Por otro lado, la abundancia de pastos en el valle propicia una economía orientada casi totalmente hacia la ganadería, mientras otras zonas del Pirineo permiten una diversificación de la producción. A este efecto hay que hacer referencia a la distinción de dos espacios económicos muy diversos, los altos valles y la zona prepirenaica.

Tipologías arquitectónicas de la arquitectura ganadera

La borda es una construcción agropastoril que se encuentra por todo el Pirineo, tanto en la vertiente española como en la francesa, aunque no con la misma profusión en todas las zonas. Este aspecto fue estudiado por el geógrafo francés Max Daunas (1976).

Podemos distinguir la borda propia de los altos valles, con una doble finalidad (por un lado sirve para albergar ganado y pastores y por otra, para guardar la hierba, paja u otros productos agrícolas) de la más habitual en las Sierras y la zona prepirenaica, habitualmente denominada borda de era, y cuya finalidad está más orientada a lo puramente agrícola.

La borda consta de un edificio de planta rectangular, construido en mampostería, y con tejado a dos aguas. Normalmente cuenta con una superficie entre los 50 y los 100 m², con dos plantas superpuestas aprovechando la pendiente del terreno de tal modo que se accede de forma directa e independiente a cada una de ellas. Esta solución economiza por un lado, evitando la necesidad de construir una escalera interna de comunicación entre los dos pisos, y por otro, independiza los dos diferentes usos de la borda, la actividad agrícola arriba, la actividad ganadera abajo.

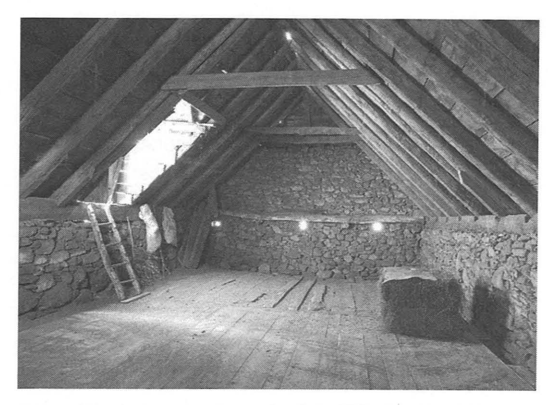


Figura 1
Interior del pajar de una borda en la Ribera de Gistaín

En la planta baja se sitúa el establo, casi siempre destinado a ganado vacuno. Adosados a los muros de esta planta se encuentran los pesebres, sobre los que se colocan las *rastilleras* (listones de madera formando una especie de parapeto sobre los que se arroja la hierba)

En la planta superior se encuentra el henil o pajar, *pallé*, donde se almacena el heno procedente de la siega en los meses de verano. Ambas plantas pueden estar comunicadas por una escalera interior, lo que no es muy usual en el valle, pero si que aparecen las *trapas*, trampillas en el entarimado de madera que divide las dos plantas que permite echar directamente el pasto desde la superior a los pesebres de la inferior (figura 1).

Las bordas cuentan con muy pocos huecos. A la planta baja se accede por un amplio portalón, y a la planta alta por un gran hueco por el que se introduce el heno.

Asociada a la borda suele situarse la *cabana,* una pequeña construcción de piedra, de unos seis u ocho metros cuadrados y un solo un piso, que sirve de refugio al ganadero. En ella se enciende el fuego para cocinar, y en ocasiones se pernocta. Otros testimonios hablan de que en la época de siega se dormía en el piso superior de la borda, lo que habría sido posi-

ble antes de guardar en él el heno, pues una vez almacenado éste produce gases que imposibilitarían este uso.

La utilidad de las *cabanas* como refugio varía según la distancia al pueblo y la altura. Así, las *cabanas* correspondientes a las bordas más cercanas al pueblo, solo son refugio ocasional en caso de tormentas, mientras que las situadas en los parajes más alejados y altos son vivienda permanente del pastor durante su estancia en el puerto.

La *cabana* puede aparecer adosada a la borda, o ligeramente separada de ella. Suele estar cubierta con gruesas losas de piedra, en ocasiones aprovechando también una gran roca como parte de los paramentos. La entrada es muy baja, de aproximadamente un metro veinte de altura y suelen contar con puerta de madera y cerradura. En el muro frontal suele aparecer algún tipo de abertura para que salga el humo. Probablemente el origen de estas construcciones es precisamente el alto peligro que conllevaba hacer fuego para cocinar en el interior de las bordas, aún más cuando éstas estaban techadas con paja de centeno (figura 2).

Por último, en el valle de Gistaín se denominan también *cabanas* a las cabañas de los pastores situadas en los pastos de altura, aquellos que se aprovechan en los meses de verano y situados generalmente por encima de los 1.700 m de altitud. Estas construcciones están en general asociadas al uso de los pastos estivales por el ganado ovino transhumante, aunque también sube el vacuno (figura 3).

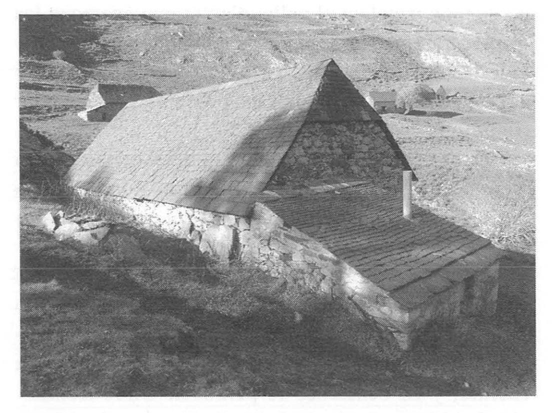


Figura 2
Cabana adosada a borda en la zona de Viadós



Figura 3
Cabana en el puerto en las cotas superiores del barranco de la Poma

Estas *cabanas* se diferencian por ocupar espacio del común, pudiendo ser las construcciones de propiedad privada o de uso y mantenimiento comunitarios. Las *cabanas* que aún quedan son seguramente las construidas y mantenidas por las gentes del valle, pero debieron existir más, algunas probablemente construidas por ganaderos que arrendaban pastos, pero que no pertenecían al valle. Este otro tipo de construcciones probablemente se limitaba a unos muros sobre los que se extendía una cubierta de ramajes que se renovaba cada año.

Las *cabanas* con un carácter más permanente suelen prolongarse en un muro bajo que se utiliza como *muidero*. Colocando *baranas* móviles de madera en paralelo a él se realiza un estrecho pasillo por el que se hace pasar las ovejas para ordeñarlas.

También aparecen estas *cabanas* asociadas a corrales o *cerrados*.

Características constructivas. La Borda

El principal material constructivo, tanto para las construcciones ganaderas del valle como para las propias casas, es la piedra.

Fundamentalmente en el valle se usan tres tipos de piedra: el granito, la *piedra roya (*areniscas y limonitas rojas*)*, y piedra gris pizarrosa. También aparece la tosca, un tipo de piedra porosa y ligera muy utilizada en las campanas del hogar y de la chimenea de las vi-

viendas, pero que en las bordas aparece con menos frecuencia.

Los muros son de mampostería con argamasa de cal y grava, de entre 50 y 70 centímetros de grosor. Las piedras de mayor tamaño y más trabajadas se suelen situar en las esquinas, siendo el resto de tamaños bastante irregulares y asentadas con piezas de más pequeñas.

El material utilizado para los muros es el que se encuentra más a mano, dándose por tanto variaciones en las distintas zonas del valle. Existen muros casi exclusivamente compuestos con granito, en aquellas zonas en que éste aflora o ha sido arrastrado por el río, mientras en otras zonas el muro incluye una alta proporción de areniscas y limonitas rojas que dan un color pardo-rojizo a los edificios.

Material también importante en la composición de los muros era la cal, utilizada como sustituto del cemento en la argamasa. Su elaboración se llevaba a cabo en hornos situados en las cercanías del lugar de extracción de la piedra utilizada, normalmente una caliza de color oscuro. Estos hornos, antaño abundantes en el valle, se construían con forma cilíndrica con granito, si este material estaba disponible en las cercanías, o con otra piedra que aguante bien el calor. El diámetro del horno podía estar en torno a los tres metros y la profundidad de seis o siete, y normalmente se construía aprovechando un desnivel del terreno.

En el interior del horno se introducía la piedra de cal, formando una bóveda por encima de la cámara de combustión. Ésta cuenta con una abertura por la parte inferior por la que se introducen los fajos de madera de boj con los que se alimenta el horno. Eran necesarios entre 1500 y 1800 fajos de leña para alimentar el horno durante los 7 u 8 días que duraba la combustión. Cuando sale humo blanco por la parte superior del horno se sabe que la cal está cocida. Este proceso de elaboración de la cal se realizaba de forma comunitaria, colaborando un conjunto de casas y distribuyendo después proporcionalmente la cal entre todas (Ortega, Lasaosa y Sarasa 1999).

La madera aparece en las bordas en la composición de los escasos vanos, el portalón de acceso al establo, así como la estructura de los pesebres y las *rastilleras* sobre las que se arroja el pasto desde el nivel superior. Éste se compone de un suelo de entablado de madera colocado sobre gruesas vigas de madera, colocadas transversalmente a intervalos entre los 65 y los 85 cm y apoyadas directamente sobre el muro. Este entarimado que forma el suelo no llega a los muros longitudinales, dejando las *trapas,* huecos por las que se deja caer el heno sobre las *rastilleras* del nivel inferior.

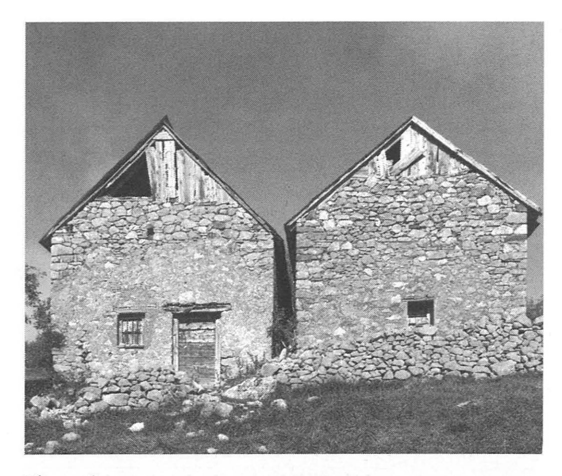


Figura 4
Bordas con hastial cerrado con tablazón de madera

Las maderas más utilizadas son las de pino y abeto. La madera destinada a la construcción se cortaba en invierno. La explotación maderera fue una de las principales fuentes de riqueza del valle, exportando gran cantidad a Francia por el Puerto de la Madera y hacia el valle del Ebro bajando en nabatas por el Cinqueta y el Cinca.

El valle contaba con varias serrerías, *sarras,* que aprovechaban para su funcionamiento la riqueza forestal como materia prima y la fuerza del agua como fuente de energía. Una de estas serrerías está siendo actualmente restaurada en el Camino de Viadós.

Lo más usual es que los muros hastiales no cierren con obra toda la altura, presentándose una buena variedad de soluciones en este punto. Puede dejarse totalmente abierto, o cerrarse parcialmente con tablazón de madera (figura 4), permitiendo así la ventilación del *pallé.* En otras ocasiones aparece el hastial achaflanado (figura 5), a la manera en que también se hace en muchas de las casas del valle. Este modelo va asociado a las cubiertas con pizarra, y parece ser el tipo más evolucionado. Otra variante es el hastial escalonado o con *penales* (figura 6), que parece ser era habitual en las cubiertas de paja de centeno,

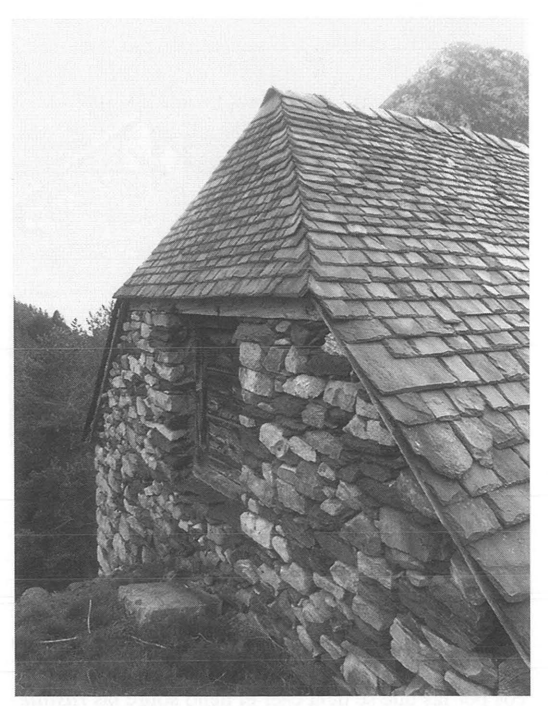


Figura 5
Borda del Forcallo, en las cercanías de Viadós. Remate de hastial con chaflán



Figura 6
Hastial escalonado con penales en el paraje de Las Planas

de forma que por un lado se protegía a ésta desde el lateral y por otro se facilitaba el acceso a la cubierta para las reparaciones periódicas. Este tipo de hastiales son habituales en el valle de Arán, la Ribagorza y el Pirineo leridano en general, teniendo también su límite de distribución occidental en los valles de Gistaín, Bielsa y Escuaín.

Las cubiertas

La forma de construir la cubierta y sobre todo el material de la cubrición es el elemento sin duda que más variedades aporta, tanto de un valle a otro como dentro del propio valle de Gistaín, en la composición constructiva de las bordas.

La estructura de la cubierta, con pequeñas variaciones, sigue un esquema regular. Sobre cada uno de los muros longitudinales aparece una viga de madera, denominada *cantilada*, normalmente cuadrada y cuyo extremo suele sobresalir por la fachada, estando en ocasiones protegido por una loseta de pizarra. Las *cantiladas* se unen en sus extremos a otras dos piezas de madera, denominadas tirantes, mediante unión machihembrada y clavija, para la que se emplea madera de fresno, y que se colocan adosadas a la cara interna de los testeros. Sobre las dos *cantiladas* se apoyan los pares o cabrios, en el valle denominados *quebros*, unidos entre sí, dos a dos, cada uno con su contrario, mediante unión también machihembrada y alterna de caja y clavija de madera. No existe una pieza de cumbrera. Sobre los *quebros*, y en perpendicular a ellos se colocan las tablas o listones, *latas*, que sirven de base al material de cubrición y al mismo tiempo arriostran el conjunto. En ocasiones los faldones de cubierta presentan doble pendiente, de la misma forma en que aparece en muchas de las viviendas del valle.

El material de la cubierta es el que proporciona la zona. Así, considerando el Pirineo Central, encontramos cubiertas de losa arenisca calcárea allí donde aparece el flysch. En los valles donde afloran los materiales paleozoicos las cubiertas son de pizarra. En los valles occidentales se usa la teja plana, y las tablillas de madera también aparecen en los valles de Bielsa y Gistaín, aunque hoy en día están prácticamente extinguidas.

Tenemos por lo tanto en el valle diversos tipos de cubierta. La más arcaica, y prácticamente desapareci-

da, es la de paja de centeno. La distribución de este material de cubrición parece tener su límite occidental en el valle de Bielsa, extendiéndose al Este por el valle de Benasque y por los Pirineos catalanes. Este material se usaba por ser el más económico. La paja utilizada era de centeno, cultivado en una condiciones climáticas muy difíciles. Estos tejados tenían una vida útil superior a los treinta años, incluso más en la parte que recibe menos sol, donde se forma una especie de musgo que protege la paja. Además, la paja de los tejados viejos, aún podía ser utilizada como alimentación del ganado, sobre todo en las casas más pobres.

Estas cubiertas, como todas las de las bordas, se hacía a dos aguas, con una inclinación muy fuerte, cercana a los 60 grados. Para su construcción se procedía de la siguiente manera. Lo primero se preparaba la paja, quitando el grano y formando unos manojos o haces denominados garbas o cuelmos, con la paja limpia, igualada y cortada por su base. Estas garbas, con una longitud de unos 150 cm y un grosor de 40, se colocan con la cabeza hacia arriba y se atan con el *berdugo*, una especie de mimbre trabajado para hacerlo más flexible, a las prensoras. Son éstas unas ramas de fresno que se clavan de lado a lado del tejado, y que sirven para sujetar la paja.

La colocación de las sucesivas garbas se hace de abajo a arriba y montando una fila sobre la anterior. La última hilada, denominada *capellera*, tapa los nudos que quedarían al aire, y se realiza al revés, con la paja cabeza abajo. Aquí quedan visibles las prensoras por encima de la paja, mientras que en las demás hiladas quedan tapadas por el solape de la fila inmediatamente superior. Por encima de la *capellera* se sitúa el *garbé*, formado por manojos de paja más grandes que el resto de la cubierta, y atado a las dos filas de *presueras* de la *capellera* (figura 7).

La cubierta así obtenida resulta duradera, económica, cálida en invierno y fresca en verano. Como inconvenientes tenía: su dependencia respecto al cultivo de centeno, prácticamente desaparecido con la apertura del valle por sus bajísimos rendimientos, su vulnerabilidad al fuego y el duro trabajo de construcción y mantenimiento. Las capas superiores, la *capellera*, solía renovarse cada cuatro o cinco años (Ortega, Lasaosa y Sarasa 1999).

La desaparición del cultivo del centeno y la dificultad de encontrar techadores de paja ha provocado que en la mayor parte de las bordas estas cubiertas se

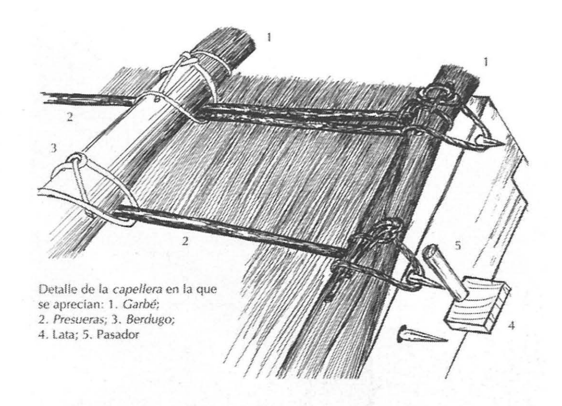


Figura 7
Esquema de una cubierta de paja de centeno. (Ortega, Lasaosa y Sarasa, 1999)

han sustituido por materiales modernos, como fibrocemento o chapas metálicas.

La cubierta de tablilla de madera está prácticamente extinta en el valle. Se realizaba con madera de pino o de abeto. Las tablas de pino negro tenían una longitud de unos 12 cm, y eran aserradas. Si se usaba de abeto la cubierta era bastante más duradera, y las tablillas de unos 60 cm de longitud, y trabajadas con cuchilla en la dirección de la veta, abriendo la madera en lugar de aserrarla.

La cubierta de pizarra es la más usual, dentro de las tradicionales, en el valle de Gistaín La pizarra se extraía de canteras próximas existentes por todo el valle. Su composición y aspecto difiere de unas localizaciones a otras, pasando por la gris y compacta usada en San Juan, extraída cerca del puerto de Sahún, a las rojizas por su alto contenido en hierro, usadas en Viadós (Ortega, Lasaosa y Sarasa 1999).

Las losetas se preparan manualmente, cortándolas al tamaño deseado con un cuchillo especial, colocándolas sobre una piedra, dejando volada la parte que se va a cortar, y golpeándola con el filo. El tamaño de las losetas es irregular y varía según la altura de colocación. Las más pequeñas van situadas en la parte superior del tejado, de unos 20 cm de largo por 10 de ancho, mientras que en la parte inferior los tamaños pueden llegar a ser de un tamaño de 70 cm de largo por 35 de ancho y un grosor de 4 cm (figura 8). La cumbrera también va protegida por piezas de mayor tamaño, con los extremos ligeramente



Figura 8
Losas de pizarra de gran tamaño y grosor en la parte inferior de la cubierta de una borda

redondeados, y que montan unas sobre las de la vertiente contraria. Estos tamaños también dependen de la ubicación de las construcciones, siendo mucho más toscas en las zonas más alejadas, y siendo en general los tamaños de las losetas mucho mayores en las bordas que los empleados en las cubiertas de las viviendas.

Las losetas se colocan sobre el entablillado del tejado con su cara más fina hacia abajo, y se clavan a las latas por medio de unos clavos cortos, colocados en la zona media de su parte superior, quedando protegido por el solape de la siguiente loseta. El agujero para el clavo se realizaba previamente con un pico fino. Este sistema se fijación tiene la ventaja frente a los habitualmente utilizados hoy día, con sujeción por gancho, de permitir la extracción de piezas sueltas dañadas de forma individual, girando las piezas sobre el eje del clavo.

Las *cabanas* están construidas con muros de piedra de manera similar a las bordas. La estructura de la cubierta puede estar constituida de diversas maneras, pero siempre de una forma más tosca que en las bordas. Encontramos estructuras parecidas a las de éstas, con *quebros* formando la pendiente, pero también otras constituidas con *quebros* situados horizontal y longitudinalmente, apoyados en los hastiales. En otros casos se aprovechan rocas del terreno o se realiza la cubrición con una bóveda de lajas de piedra.

La *cabanas* o majadas situadas en los puertos no difieren en lo básico de las *cabanas* asociadas a las bordas. La configuración en planta es muy similar, así como su superficie. Se construyen con muros de mampostería seca de unos 50–60 cm de grosor. La puerta suele ser baja, de aproximadamente 1–1,2 m de altura, y puede ir protegida por puerta de madera. En el interior de dispone un espacio para cocinar, con su correspondiente salida de humos. En ocasiones esta no existe y el humo sale por los intersticios de los muros y la cubierta. En el muro suelen aparecer pequeños huecos o estantes para dejar los utensilios del pastor.

La cubierta suele ser más tosca y pesada que en las *cabanas* de borda, siendo el material de cubrición habitual pesadas losas de piedra, a veces combinada con ramajes o con cepellones de hierba que proporcionan mayor aislamiento. Con frecuencia, al construirse contra la pendiente, el terreno natural pasa por encima de parte de la cubierta.

La estructura de esta, al ser la cubrición más pesada, se suele formar con gruesos *quebros*, colocados muy juntos, bien en sentido longitudinal o perpendiculares al la pendiente.

Una borda en la Ribera de Gistaín

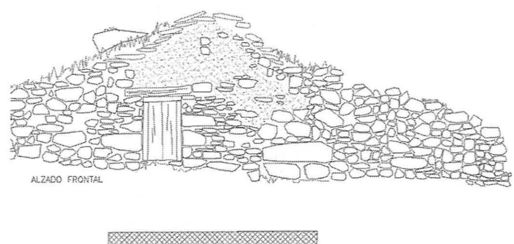
Esta borda cuenta con un recinto rodeado por muros adosado a su cara oriental, a modo de corral, y una *cabana* semienterrada en la pendiente que cae hacia el río, hacia el sur, cuya entrada, también orientada al sur, da a dicho corral.

La borda se coloca según un eje principal norte-sur, perpendicular a la pendiente. Se accede por su fachada norte al *pallé*, mientras que al nivel inferior, ocupado por el establo, se accede desde el corral por la fachada este. La fachada oeste es completamente ciega, mientras que la sur cuenta con sendos huecos, de escasas dimensiones, para cada una de las plantas.

La cubierta mantiene la pizarra original y cuenta con chaflán en el remate del hastial de la fachada sur, mientras que el norte es recto. Las fachadas conservan aún restos del revoco sobre la piedra (figura 9).



Figura 9
Vista sureste, borda, corral cerrado con muro bajo y *cabana* en la parte superior del corral



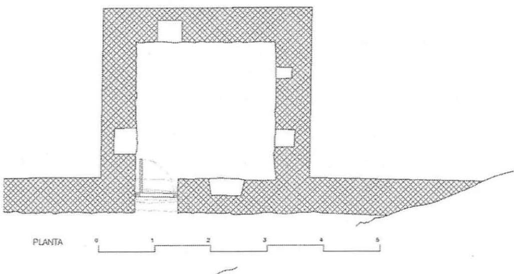


Figura 10
Planta y alzado de la *cabana*

La *cabana* que acompaña a la borda está semienterrada en la pendiente, cuya cubierta está formada por una bóveda de cañón de lajas de piedra. Por el muro frontal de abre un hueco vertical para la evacuación de humos del hogar. La salida de estos humos se produce por la fachada, protegida por unas cuantas losas de piedra a forma de cubierta. Al exterior el resto de la cubrición está formada por terreno natural (figura 10).

Una borda en Las Planas

Se trata de una borda situada en la parte más alta del paraje conocido como Las Planas. Se trata de un terreno prácticamente llano, situándose la borda en una ligera pendiente orientada hacia el suroeste. El lugar domina un amplio paisaje hacia la entrada del valle por el paso de la Inclusa y sobre los terrenos ocupados por los pueblos de Plan, Gistaín y San Juan. Existe además una *cabana*, moderna, en la esquina oeste de la parcela.

Esta borda es uno de los pocos ejemplares que se conservan en el valle con el hastial escalonado. La cubierta debió ser de paja de centeno. En la actualidad este material ha sido reemplazado por chapa metálica ondulada.

La borda se coloca en perpendicular a las curvas de nivel, con los accesos a cada una de las plantas enfrentados en las fachadas cortas.

Este caso presenta también la variante, no muy común, de presentar un forjado de losas y mortero en lugar del entablado habitual en el piso del pajar.

En el establo además de los pesebres para ganado vacuno se ha dispuesto uno de obra, de menor tamaño y altura, destinado a ganado ovino (figura 11).

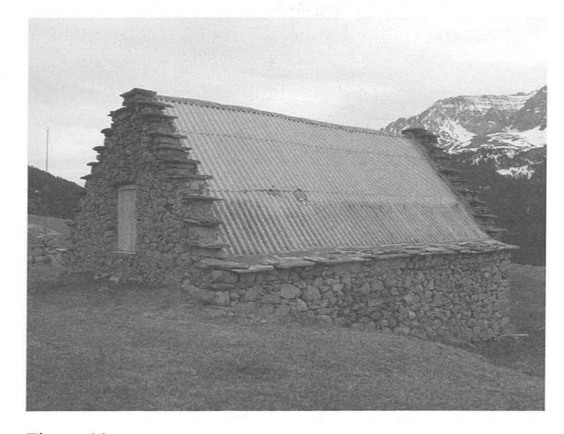


Figura 11
Vista de la borda en que se aprecia el acceso al pajar en la fachada norte

UNA *CABANA* JUNTO A BORDA EN LA RIBERA

Esta *cabana* se encuentra en una parcela de 4.519 m^2 que se distribuyen entre prados y praderas regadas. A muy pocos metros al norte se encuentra la borda a la que sirve.

Representa otra solución en la estructura de cubierta. Muy similar a la empleada en las propias bordas, pero con unas dimensiones menores. Sobre los muros longitudinales aparecen las *cantiladas,* arriostradas por sendos tirantes junto a los muros transversales. A las cantiladas acometen pares o *quebros*, separados por una distancia de unos 70 cm, y sobre ellos tablero formado por tablas colocadas horizontalmente. Sobre este tablero, cubierta de pizarra clavada que se mantiene bastante bien en el faldón norte y algo retocada con fibrocemento en el sur.

A destacar también el sistema de evacuación de humos de cocina por la fachada frontal, con conducto abierto en el muro (figura 12).

CABANA DE LA CULRUEBA

Se trata de una *cabana* situada en terrenos comunales en la ribera del Cinqueta de La Pez. Es una de las *cabanas* más características del valle, construida con los materiales pizarrosos disponibles en las cercanías y una pesada cubierta de grandes losas de pizarra. La estructura de la cubierta la forman maderos apenas desvastados colocados como *quebros* longitudinales, pegados unos junto a otros (figura 13).

Dispone de un pequeño hogar en el interior y salida de humos a través de un pequeño hueco en la fachada frontal (figura 14).

El muro posterior lo forma una gran roca natural contra la que se construyó la cabaña.

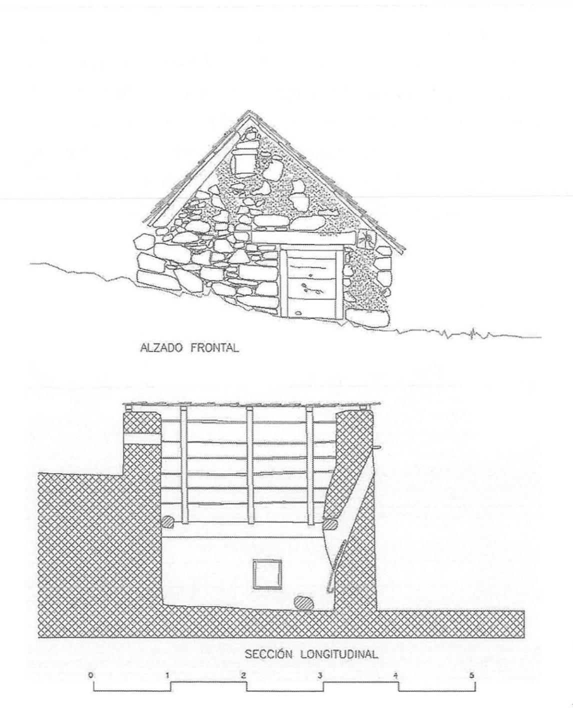


Figura 12
Alzado y sección de la *cabana*

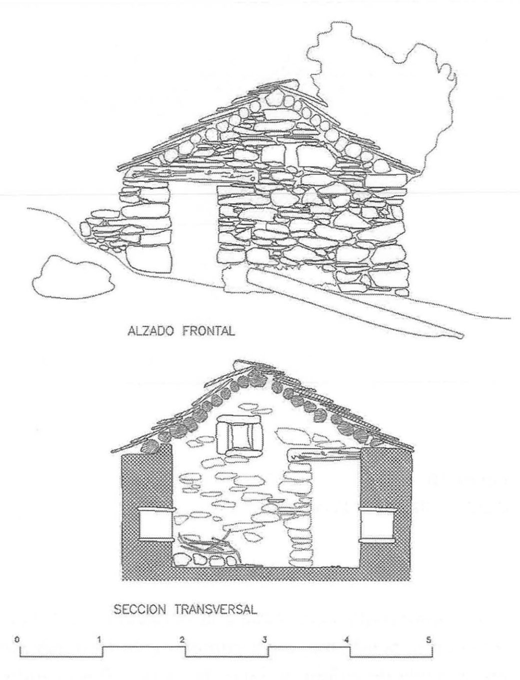


Figura 13
Alzado y sección de la cabana en que se aprecia la estructura de la cubierta



Figura 14
Vista de la *cabana* con la cubierta de losas de pizarra

Notas

1. Pascual Madoz. 1845–1850. *Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico.* Todas las voces relativas a la provincia de Huesca están recopiladas en una edición facsímil editada por Prames S.A. en su colección Temas Aragoneses.

Lista de referencias

Daumas, Max. 1976. *La vie rurale dans le Haut-Aragon oriental*. Madrid: CSIC.

Pallaruelo Campo, Severino. 1988. *Pastores del Pirineo.* Madrid: Ministerio de Cultura.

Pallaruelo Campo, Severino. 1993. *Cuadernos de la Trans-humancia.* nº 6 Pirineo aragonés. Madrid: ICONA.

Ortega, M; Lasaosa, R.; Sarasa, J.C. 1999. *Chistau en la memoria.* Huesca: Mancomunidad del valle de Chistau.

Alessandro Antonelli y Rafael Guastavino: comparación de sistemas estructurales entre Italia y España

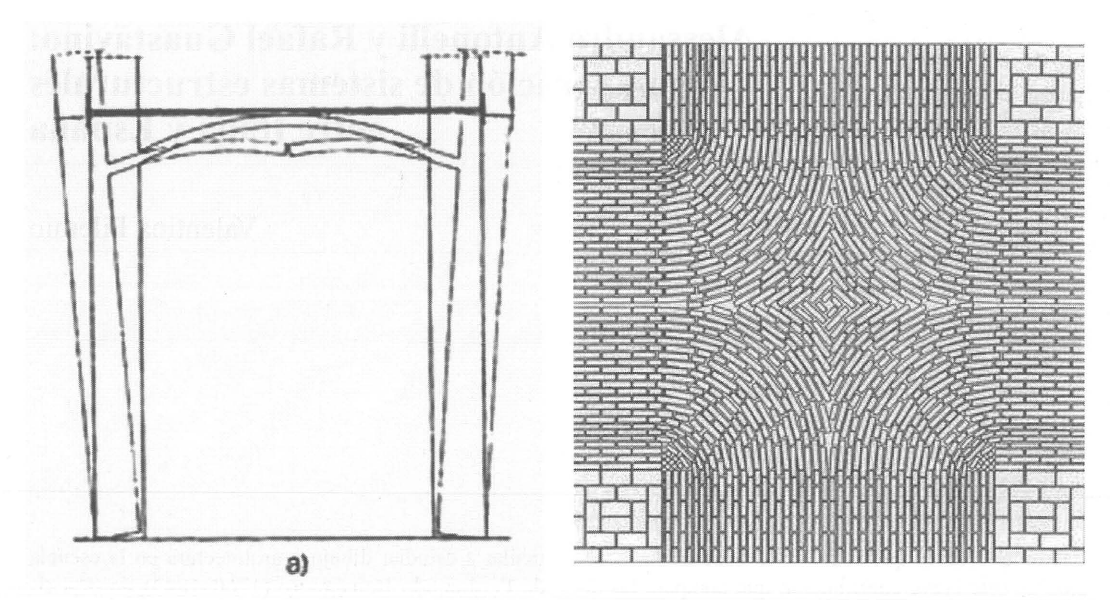
Valentina Filemio

Las motivaciones que están en la base de la redacción de este breve contribución que compara las arquitecturas del piamontés Alessandro Antonelli (1798–1888) y del valenciano Rafael Guastavino (1842–1908), nacen de una actividad de búsqueda conducta en colaboración con el Dipartimento di Scienze per l'Architettura (D.S.A.) de la Università degli Studi di Genova, relativa a las peculiaridades del sistema antonelliano en general, con un particular profundización relativo el estudio de la estática y de la estabilidad de la Cúpula de la Basílica de San Gaudenzio en Novara (1841–1878), en el ámbito de más generales estudios sobre la historia de la ciencia y de las técnicas constructivas.

La búsqueda ejecutada sobre tal imponente construcción, resultado de la genialidad de uno de los más importantes arquitectos italianos del siglo XIX, se ha integrado en un más amplio y contextual cuadro de reflexión crítico-comparativa con sistemas constructivos parecidos, cuales la cúpula de la catedral de Saint Paul a Londres y aquella del Panthéon a París, hasta una comparación con las obras de Guastavino, cuyo Antonelli se acerca por concepción estructural.

Las arquitecturas de Alessandro Antonelli

Nacido a Ghemme Novarese en el 1798, Alessandro Antonelli dedicó los años de la formación universitaria transcurridos en Turín dedicándose de modo particular a estudiar dibujo y arquitectura en la escuela de Ferdinando Bonsignore (1760–1843) no descuidando, sin embargo, las otras enseñanzas, entre cuyo la matemáticas, la mecánica y la geometría descriptiva. Sobre estas bases empezaba a perfilarse el estrecho interrelación entre arquitecto teórico y arquitecto práctico que caracterizó toda la carrera profesional del arquitecto piamontés, aspectos diferentes cuanto necesariamente complementarios que Antonelli logró conciliar sintetizando en sus creaciones la ciencia y la técnica del construir. Se ha licenciado él ingeniero-arquitecto en el 1824, en el 1828, ganado el concurso por curso de estudios de perfeccionamiento en arquitectura, está en Roma, dónde frecuenta la Escuela de los Ingenieros y la Academia de San Luca, dividiéndose entre el estudio de los monumentos antiguos y la compilación de proyectos de arquitectura moderna. Desarrollando relaciones de amistad con muchos artistas italianos y extranjeros, el se incorporó a la corriente purista —sobre la estela de Francesco Milizia (1725–1798)— según que el adorno fue considerado la causa de la decadencia de la arquitectura, por qué fue necesario reafirmar la superioridad de la pureza de la forma dada por simetría, regularidad y sencillez, además a los principios según que la forma externa tiene que traducir la estructura interior y que la naturaleza de los materiales empleados determina las proporciones del objeto arquitectónico. Además Antonelli, durante su estancia romana, se deja atravesar del fervor de la renovación científica y tecnológica por el *art du batîr* que procede de la ca-

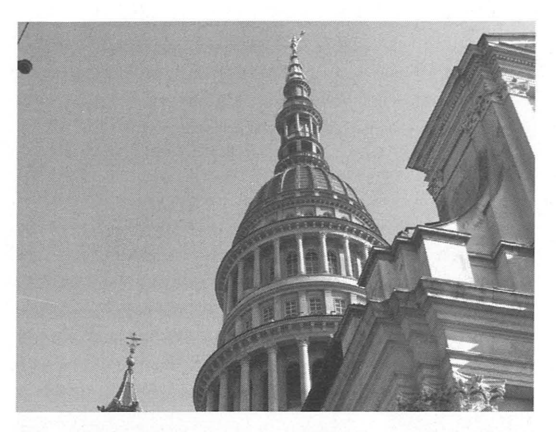


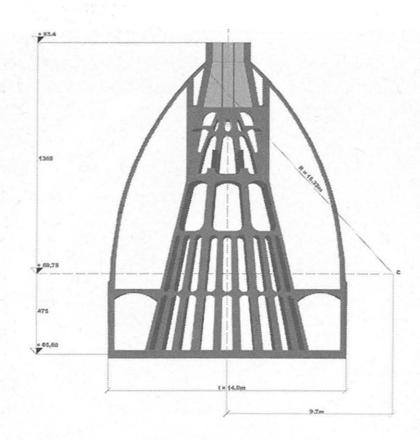
Figuras 1–2
Bóveda antonelliana encadenada sino al extrados, y diagrama del posible mecanismo de colapso, la distribución de teclas de bóveda con una cruz diagonal tejido del claustro de la iglesia de Sant'Eustorgio en Milán (Pozzi 1994, 89)

pital francesa y se mueve por lo tanto en una cultura constructiva y estructural cuyo verdadero desafío consiste en conducir la albañilería a la máxima capacidad de resistencia. Antonelli sabrá aplicar tales principios al material de la tradición local, el ladrillo, demostrando las posibilidades resistentes y expresivas de la técnica de la esqueleto mural, programada sobre instalaciones definidas por rigurosos retículos estructurales.

El arquitecto piamontés tuvo una carrera muy prólifica, dividiéndose entre los edificios religiosos y civiles, villas y edificios privados, todos motivo de estudio y reflexión, unión de clasicismo y funzionalismo estructural. En el sistema antonelliano, la albañilería no existe si no como medio de cierre y protección; el sostén y la solidez de la fábrica es toda dedicada a los pilares, puntos de apoyo principal, y a los arcos, los que sujetan las bóvedas; el orden y el equilibrio gobiernan y armonizan todas las masas de la fábrica, mientras un complejo de tirantes invisibles, inmerso en las albañilerías mismas, completa de ellos la solidez, garantizando la invariabilidad del sistema mecánico. Eso permite realizar bóvedas extremadamente delgadas, qui se sustenta solo («autoportante»), que se entreven gradualmente en sus fábricas más antiguas y luego se acentúan, se desarrollan sobre la base de siempre mayor rigor científico, hasta alcanzar los máximos niveles en sus obras mayores, o sea la *Cúpula de la Basílica de San Gaudenzio* en Novara (1841–1878) y el *Templo Israelítico* de Turín, mejor conocido como *Mole Antonelliana*, (1863–1889), dónde el método galileiano encuentra una demostración viva y realista.

En particular, las bóvedas antonelliane son caracterizadas por un espesor muy exiguo, igual a la cabeza de un ladrillo; además, ellas están encadenadas, pero no a los riñones, sino al extrados, ya que el objetivo de las cadenas no es contener los empujones de la bóveda, pero aquel de coser y tener junta toda la fábrica, por qué la resistencia a tracción de tales superficies curvas es remitida toda a la tejedura mural. En este sentido las curvas antonellianas son un hecho arquitectónico —evocador de luces y sombras— pero sobre todo técnico, ya que es el aparato mural de las mismas que desempeña el papel fundamental, preludio de la época del hormigón armado, todavía más pensando que tales ideaciones encuentran cuerpo con el ladrillo que le permite, con nota-





Figuras 3–4
Cúpula de la Basílica de San Gaudenzio en Novara: visión externa y sección

bles resultados en el campo de la estática pero también de la elasticidad de la construcción, de cerrar gloriosamente la fase de la arquitectura del siglo XIX y de indicar la calle por aquella siguiente.

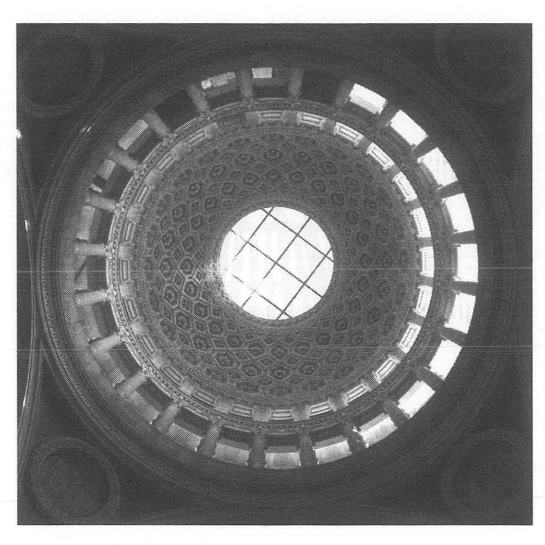
La Cúpula de San Gaudenzio: una cáscara delgada

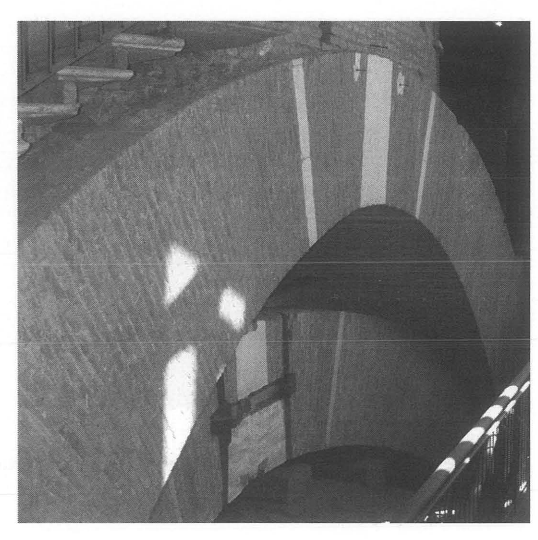
En el caso específico de la cúpula de San Gaudenzio, naciente de cuatro grandes arcos sobre penachos y de un anillo de base del diámetro igual a 26 metros, por encima del que se eleva una doble serie de sostenes verticales, ella se presenta como una monumental calota —a sexto agudo con una sección asimilable a dos arcos de círculo, cada uno con un propio centro excéntrico con respecto del eje de simetría radial— qué encierra en su interior una estructura tronco-cónica compuesta por cuatro órdenes de pilares inclinados, unidos entre ellos de arcos y agarrotados por una sucesión de calotas interiores, el todo a sostén de la aguja en la parte superior. Es en efecto el cono a sujetar el peso de esta cúpula pequeña, mientras la calota externa, liberado del peso de la aguja, se convierte en una vela sutil en hoja, cuyo sistema estático es atribuible al de una cáscara acanalada, dónde su resistencia a tracción y su concatenación son garantizados de costoloni verticales y de horizontales —o sea el sistema definido «a meridianos y paralelos» según que se reparten los apremios interiores de la estructura (Mascheroni 1785, 10)— y dónde la textura mural de la vela de cierre entre los costoloni contribuye concurre a la elasticidad del conjunto.

En la creación de la cúpula la materia inerte de las macizas construcciones de la antigüedad clásica, como también aquellas resultado del período románico, que encierra el esqueleto portante ve el escisión de las funciónes, por cuyo la primera, que suple de cierre, se pone ligera, mientras que es declarada la repartición del trabajo según las cargas y según la aptitud estructural de las varias partes del todo, presupuestos ya encaminados en el Gótico y en el Renacimiento con el nacimiento de las primeras cúpulas ligeras a doble cáscara sobre nervaduras. De este modo, Antonelli alcanza la síntesis del sueño del hombre constructor, o sea aquel de borrar la relación entre fuerza y resistencia, realizando un sistema elástico solamente pesado y no spingente, permitiéndo de reducir a lo mínimo la sección resistente de los pilares.

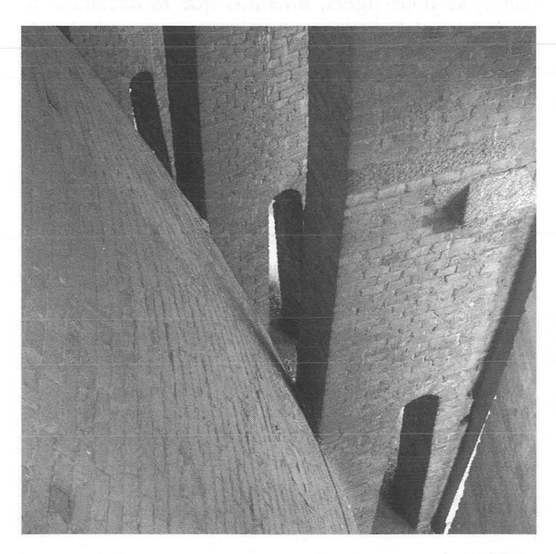
La llave del equilibrio de un objeto monumental y complejo como la cúpula de San Gaudenzio es su geometría, qué a través de la particular forma y la disposición geométrica de los objetos permite solucionar notables problemas estáticos y cinemáticos y que gobierna y garantiza el equilibrio de los cuerpos, impidiendo de hecho la formación de cinemátismos de colapso.

Los conceptos fundamentales son —por Antonelli como por los siglos anteriores— el roce y el desliza-



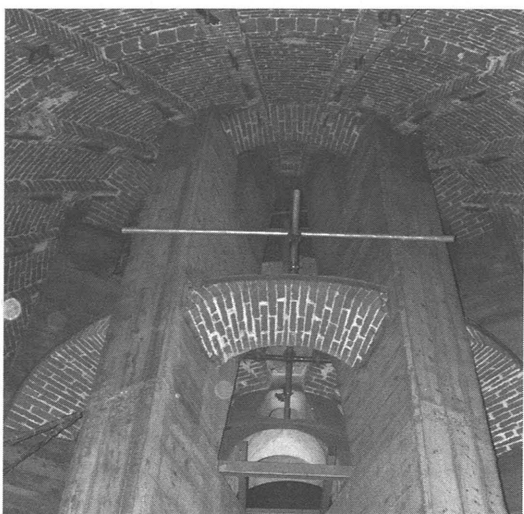


Figuras 5–6
Vista cenital de la primera cúpula en la parte inferior sobre los brazos del transepto y un par de arcos de apoyo a todo el cuerpo





Figuras 7–8
Pilares que soportan la cúpula externa que se fija por encima de la extrados de la primera interior, entre los conectados por bóvedas de planta trapezoidal

Figuras 9–10
El cono delimitado por la cúpula exterior, con el fin que muestra la consolidación de hormigón armado (1932–1933)

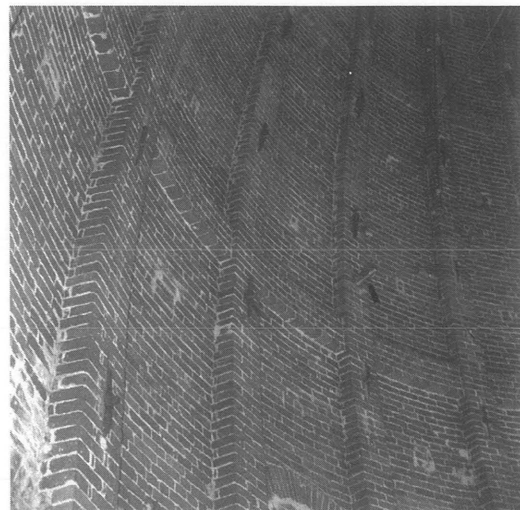
miento, ilustrados por Charles Augustin de Coulomb (1736–1806) en lo Setecientos, pero ya resumidos en el siglo XIII en el concepto de *gravitas secundum situm* expresado por Giordano Nemorario, cuya biografía nos es desconocida, en el *Liber de ratione ponderis* (Tartaglia 1565). El estudio y la búsqueda de un sistema constructivo estructural que respetara las instancias de una geometría de comodidad y fácil trazado, la capacidad del material de soportar esfuerzos de varia naturaleza en fase de construcción y de organización de el astillero, la necesidad de un sistema tecnológico de aplicación que garantizara el empleo de estructuras provisional de sostén reducidas respecto a aquellas estrechamente necesarias a causa de la particular situación técnico-constructiva, tiene de hecho orientado las elecciones de Antonelli a la definición de una geometría elemental, o sea al arco de círculo, en grado pero de conjugar las estrechas relaciones que transcurren entre forma y estructura, materiales y tecnología, garantizando una situación geométricamente definida y estáticamente estable.

Contextualmente, la tecnología constructiva de la cúpula se basa en algunos principios fundamentales que han gobernado la geometría de las construcciones por todo el curso de los siglos XVIII y XIX, basados sobre la geometría del compás (Mascheroni 1797). La presencia del enorme compás en madera en la homónima sala de el ático de la basílica tibaldiana confirma la hipótesis de su empleo por el trazado de las costillas provisional por la realización de la cúpula, en particular por la aplicación de los solos meridianos y paralelos, procediendo sucesivamente al llenado de las velas capaz de sustentarse como superficies «autoportanti»por cada una raja esférica de la cúpula.

El estudio del comportamiento estático de la entera cúpula ha permitido observar que la presencia del aguja que carga sustancialmente sobre el cono interior, el envoltorio externo agarrotado por un sistema formado por anillos según los paralelo y los meridianos, hacen sí que el arco de circunferencia que define la forma de la superficie de revolución (que encierra en su interior el alma estructural) sea asimilable a una membrana de uniforme resistencia, a simetría radial en el plan acimutal y a simetría radial en el plan cenital, dónde la curva de las presiones, que se puede deducir por una raja geométricamente definida y estáticamente pesada y solicitada por las acciones externas, sea toda contenida dentro de la sección resistente en hoja.

Por mejor comprender tal capacidad de resistencia, a pesar del exiguo espesor de la calota, y mientras tanto su elasticidad, se considera una cáscara a simetría radial, cargada de modo análogo y construida



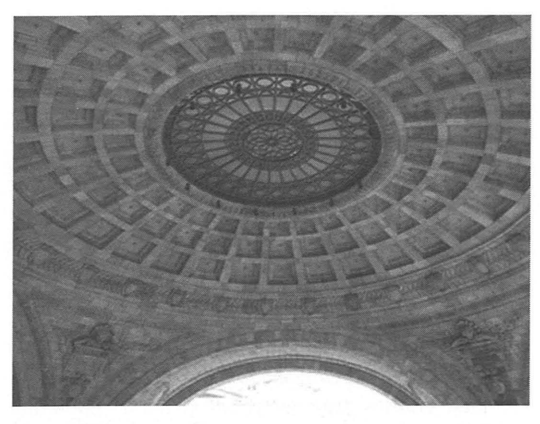


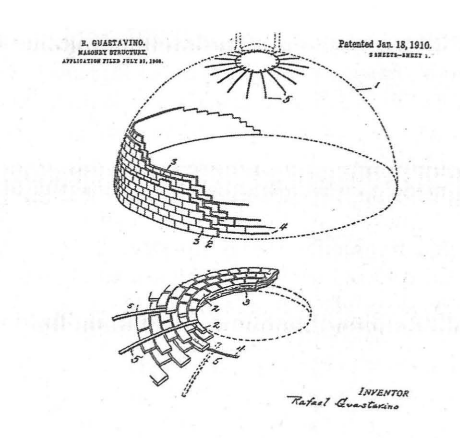
Figuras 11–12
Arcos que une el cono y la cúpula: una cáscara delgada reforzada por costoloni y anillos horizontales

con material elástico lineal (aunque el ladrillo es que considerarse entrante en el campo rígido-plástico), capaz de absorber elásticamente y con respuesta lineal esfuerzos de tracción y compresión. El esquema estructural es un conjunto de arcos dispuestos a lo largo de los meridianos y unidos a lo largo de las secciones verticales de bandas de paralelos, por cuyo el estado de apremio es de tipo bidimensional referido a una superficie esférica; con carga simétrica los esfuerzos son de naturaleza axial y actúan a lo largo de los meridianos y de los paralelos produciendo un comportamiento de tipo membranale. El empuje transmitido sobre las rajas en la zona en llave de los paralelos comprimidos es gradualmente neutralizado por la acción cerchiante de los paralelos tensos puestos en la zona baja. Son justo los esfuerzos a lo largo de los paralelo de compresión y tracción que hacen coincidir la curva de las presiones con el eje baricentrico de la cáscara. Considerando que los paralelos son círculos que se acortan y se dilatan según el encorvarse de los meridianos, su elevada rigidez de flexión, trabajando a compresión y a tracción con toda su sección, es un freno a la deformación de la calota que puede ocurrir por la sola flexión de los meridianos: así se realiza el efecto cerchiante de los paralelos. Además, las fajas paralelas superiores bajo carga tienden a estrecharse mientras aquellos inferiores se alargan; existe luego a cierta altura el paralelo neutro, ni comprimido ni tenso. A pequeñas deformaciones de los paralelos corresponden pequeñas variaciones de curvatura de los meridianos, y por lo tanto pequeños apremios de flexión. Bajo el efecto de acciones externas a simetría polar, los esfuerzos son contenidos por lo tanto en cada punto en el plan tangente al eje baricentrico de la cáscara. Por tanto, la entidad de los apremios interiores está muy contenida y asì está también la esfuerzo de los materiales. La cáscara delgada y acanalada resulta pues rígido y resistente por forma y por la elección del material, y es diferente de una cúpula en albañilería porque ella no es resistente a tracción. En la cúpula en albañilería, en cambio cuando en las zonas tensas los apremios de tracción a lo largo de los paralelos alcanzan valores próximos a la resistencia a tracción del material, se averigua la fractura mural a lo largo de los meridianos, hecho qué anula la acción cerchiante de los paralelo inferiores.

La comparación con las bóvedas sutiles de Rafaél Guastavino

Pocos años después de la conclusión de la cúpula de Antonelli, en el 1892, al mismo tiempo a François





Figuras 13–14
Union Station de Pittsburgh y diagrama de la construcción de la bóveda catalana, basado en un dibujo de Guastavino de 1810 (Conforti 1996, 285)

Hennebique que deposita la patente del *béton armé* en Francia, Boston es dada a las prensas la primera edición dell'*Essay on the theory and history of cohesive construction* de Rafaél Moreno Guastavino, arquitecto valenciano de raíces italianas que se ha trasladado a Nueva York: en los siguientes cincuenta años Guastavino y el hijo Exposito (1872–1950) participarán, como proyectistas-constructores de la «Guastavino Fireproof Construction C.», a la realización de acerca de mil obras de arquitectura en los Estados Unidos —entre cuyo la *Gran Central Station,* el *puente Queensborough,* la *Capilla de St. John the Divine* y la *Capilla de St. Paul a la Universidad de Columbia a Nueva York*, la *Biblioteca Pública* a Boston, el *Union Station de Pittsburgh*— cuya peculiaridad se ejercitará a través de la puesta a punto de un procedimiento constructivo en baldosines de ladrillo: es la *bóveda tabicada* de la tradición catalana capaz de resistir y superar la competición de los sistemas de acero, proveyendo una solución competitiva en términos de economía, seguridad estática, de ligereza, de rapidez de aplicación y de resistencia al fuego, en un país dónde la escasa tradición de revestimiento de las bóvedas de ladrillos se solucionó con soluciones de madera.

La bóveda catalana consiste en cubrir un espacio —igual generalmente a 4–6 metros— a través de una hoja sutil de ladrillos —1,5–3 × 15 × 30— dispuestos de plato a empalmes escalonados; sobre la primera capa de ladrillos atados con yeso, se disponen otras capas de baldosines unidas por mortero de cal y cemento, muy frecuentemente sin el empleo de cimbras, o con cimbras corredizas, ya que el colante tiene un tiempo de toma tan rápida de hacer sí que los ladrillos se tengan él un con los otros y la estructura sea «autoportante». Generalmente, en los edificios de mayor cualidad los ladrillos son dispuestos a 45º con respecto de las paredes o a las arcadas que las sustentan, mientras en los casos comúnes son puestos paralelamente a los elementos de apoyo; las capas siguientes estaban compuestas disponiendo los ladrillos con los empalmes inclinados de 45º con respecto de la capa inferior si la bóveda era paralela a las paredes, o bien girando de 90º la dirección de los ladrillos si la primera capa naceba ya girada con respecto de la dirección de los apoyos.

La tercera capa preveia que todos los ladrillos fueran girados de 90º, de modo que cada capa hubiera cursos de ladrillos de diferente orientación.

Es posible localizar el origen de la bóveda catalana en la arquitectura romana, dónde los ladrillos fueron empleados para reforzar las cimbras en el caso de grandes construcciones como las *Termas de Caracalla* a Roma, tradición que en el siglo XVII fue exportada en la península ibérica y ampliamente difusa, caída luego en desuso ya en el siglo siguiente, sobre todo a Madrid ya que juzgada poco estable. Estuvo en esta época que Lorenzo de San Nicolás, fraile del orden de los agustinos que trabajó como maestro de obra a la Corte de Madrid, llamó tal

construcción «bóveda catalana» como reconocimiento al trabajo de los albañiles del Principado de Cataluña, los que se distinguieron por la perfección y la osadía que demostraron en la construcción del bóveda tabicada.

Un modelo en escalera real de bóveda tabicada ha sido realizado con el Lab.MAC —Laboratorio de Mecánica Sobrepuesta a las Construcciones de la Facultad de Arquitectura de Génova, en el ámbito de stages de estudio sobre la historia de la ciencia y de las técnicas constructivas que han puesto a comparación, en la práctica más allá de que en la teoría, las bóvedas antonellianas con aquellas catalanas; en particular, por el material de emplearse en la construcción ha sido elegida la tierra sin cocer, con cuyo han sido realizadas sutiles baldosines atados por argamasa también ella de tierra, ya que la bóveda ha sido tardada cual estudio transversal sobre las técnicas constructivas en tierra, en el ámbito de búsquedas de más amplia respiración revueltas al estudio de la arquitectura en tierra en los países en desarrollo.

Antonelli, como Guastavino, han sabido traducir en práctica un fino conocimiento del comportamiento estructural y material de las construcciones en albañilería, traduciendo su pensamiento constructivo en una arquitectura mural totalmente versátil del punto de vista estructural. Es vivo testimonio de ello el conjunto de las intervenciones de consolidación estática obrado en los Años' 30 del Novecientos: incluso interviniendo pesadamente sobre la estática de la construcción, la cúpula antonelliana ha enseñado una versatilidad a acostumbrarse como comportamiento cinematico y en general de deformación a la variación de los estados de apremio a causa de masas pesadas dispuestas a su cumbre y en particular en la aguja. Ésta es una característica propia de las estructuras elásticas y semejaría mal conformarse con los sistemas rígido-plásticos como las envolturas a simple curvatura mural. Justo la conformación en hoja de la cúpula antonelliana, vuelve a llamar las bóveda sutiles españolas planeadas y patentadas por Guastavino: no tanto del punto de vista constructivo, en cuanto Antonelli consigue los mismos resultados sólo con un capa de ladrillos dispuestos de cuchillo (espesor 12 cm), pero expresa de ello su comportamiento estructural ya que realiza de hecho estructuras elásticas capaz de conformarse con la variabilidad y a la variabilidad de los cargados exteriores.



Figura 15
Modelo de bóveda tabicada en tierra en Lab.MAC de Génova

En las bóveda sutiles, en ambos casos indicados, la disposición de los elementos y las uniones que se crean con el mortero dan un sistema estático que no se explica con los tradicionales modelos interpretativos del arco o la bóveda a cuñas. Los resultados son bóvedas ligeres donde

> esiste non solo qualcosa di spettacolare e di provocante solennità ..., ma anche una nota di mistero, precisamente nel come e nel perché esse funzionano, e se una teoria può essere derivata per calcolarle strutturalmente (Collins 1968).

Justo en referencia a las acciones de tipo azaroso (viento, sismo) la cúpula antonelliana parece declarar su llena capacidad a deformarse fuera de su superficie de revolución, con estados de deformación tales de no inducir estados de apremio a presión-flexión capaz de llevar a rotura los materiales, en particular los morteros que constituyen los empalmes sutiles de la cúpula. No sólo el equilibrio entre empujones y controspinte de los sistemas constructivos de los dos arquitectos es debido a la forma y a las conexiones entre las partes, pero también a la

elección de un material mural que tenga notables capacidades portantes y cohesivas. Es este la elección de la albañilería en ladrillo —por necesidad y no por costumbre— de cuyo Antonelli por el caso italiano lleva a lo sumo nivel las prestaciones mecánicas, estudiando la instrumentación que mejor pueda aumentar la isotropía y la homogeneidad de la masa mural de modo que conectar los elementos de la construcción en apariencia desconectados, empleando elementos de granito por las partes más solicitadas, y un mortero de cal líquida, polvo de ladrillo y restos de hierro pisados por los arcos de impuesto, o bien de cal y cemento por los fulcros y la albañilería.

CONCLUSIONES

La cúpula antonelliana y los bóvedas tabicadas de Guastavino son testimonio de como los arquitectos cuyo es dedicado esta breve contribución se hayan hundido en lo vivo del problema estático constructivo, destacando las capacidades expresivas de la construcción en albañilería de ladrillos, evidenciando la fundamental relación forma-estructura, y sobre todo por Antonelli en una época en que el «funcionalismo constructivo» no fue concebido todavía en la idea corriente de arquitectura, pero que en realidad tiene que ser considerado «il massimo punto di arrivo di tutta la tradizione dei costruttori e degli architetti italiani, dalle origini della civiltà fino alla rivoluzione macchinista». (Peagno 1998, 213)

¿Profundizando el caso de la arquitectura antonelliana, de que la cúpula de San Gaudenzio es la máxima expresión, de su grandiosidad, del suyo no tener límite, de su extraordinario conocimiento sobre el empirismo del «hacer» arquitectura, cuales son pues los conocimientos y los procedimientos sobre que Antonelli se basa para probar la eficiencia de los organismos abovedados y la resistencia de los elementos estructurales? En la anterior tradición constructiva las formas y los espesores de arcos y bóvedas fueron determinados sobre base geométrica, según una concepción mecánica por la cual el equilibrio de la composición, la ausencia de movimiento, fueron dadas por la posición mutua de las partes del todo, pero sobre la falacia de tales procedimientos, sobre todo por obras de grandes dimensiones, Galileo ya se pronunció

> per un breve esempio di questo che dico, disegnai già la figura di un osso allungato solamente tre volte, ed ingrossato con tal proporzione, che potesse nel suo animal grande far l'uffizio proporzionato a quel dell'osso minore nell'animal più piccolo ... nel diminuire i corpi non si diminuir con la medesima proporzione le forze, anzi ne i minimi crescer la gagliardìa con proporzion maggiore: onde io credo che un piccolo cane porterebbe addosso due o tre cani uguali a sé, ma non penso già che un cavallo portasse né anco un solo cavallo, a sé stesso eguale (Galileo 1638).

A pesar del progresar de los estudios sobre arcos, bóvedas y cúpulas, a la época de Antonelli, los conocimientos científicos y los instrumentos de cálculo no logran efectivamente a verificar la estabilidad de sus cúpulas, y el esquema privilegiado por la literatura técnica, aquel de la bóveda subdividida en bloques rígidos, no se conforma con las tensas y sutiles bóvedas antonellianas. Además, las teorías científicas no lograron valorar el papel de la instrumentación mural por la estabilidad de la bóveda: sólo con la construcción fue posible valorar la difusión de la tensión dentro de la albañilería y la transmisión de las cargas a las estructuras de sostén, por cuyo aquel particular tipo de bóveda no fue estudiado y no pudo valorar el comportamiento.

Antonelli lleva su saber de los tratados sobre el arte del construir: Bélidor (1729), Rondelet (1802), Borra (1748), Vittone (1760). Antonelli está sobre todo cerca de Rondelet cuando el francés señaló la necesidad de considerar racionalmente el organismo estructural en su entereza, la importancia de desarrollar a lo sumo las calidades resistentes de materiales y de aumentar la adhesión entre la argamasa y los ladrillos para reducir el empujón de las bóvedas.

> Lorsque les voûtes en moellons, en briques ou en blocage, ont été faites avec soin ... et qu'on a donné le temps au mortier de faire corps avec les matériaux, elles ne forment dans la suite qu'une seule pièce, qui n'a aucune poussé contre les murs qui les soutiennent (Rondelet 1802, 296).

Fue así que Antonelli procedió por empirismo, lejos de la ciencia de las construcciones; sin embargo, mientras la teoría todavía está lejana, con la obra antonelliana se alcanzan resultados que por mucho tiempo quedarán incomprensibles y por éste juzgados extravagantes y poco resistentes.

Lista de referencias

Bélidor, Bernard Forest de. 1729. *La science des ingénieurs dans la conduite des travaux de fortification et d'architecture civile.* Paris: chez Desaint.

Benvenuto, Edoardo. 1981. *La scienza delle costruzioni e il suo sviluppo storico.* Firenze: Sansoni.

Borra, Gian Battista. 1748. *Trattato della cognizione pratica delle resistenze geometricamente dimostrato dall'Architetto Gian Battista Borra ad uso d'ogni sorta d'edifizi, coll'aggiunta delle armature di varie maniere di coperti, volte, ed altre cose di tal genere.* Torino: Stamperia Reale.

Caselli, Crescentino. 1889. «Cenni sulla vita e sulle fabbriche dell'architetto Alessandro Antonelli». *L'ingegneria Civile e le Arti Industriali.* XV, 10, 1–7.

Caselli, Leandro. 1877. «La cupola della Basilica di S. Gaudenzio in Novara. Architettura del Prof. Comm. Alessandro Antonelli». *L'ingegneria Civile e le Arti Industriali.* III, 10, 145–147; 11, 161–166.

Collins, G.R. 1968. «The Transfer of Thin Masonry Vaulting from Spain to America». *Journal of the Society of Architectural Historians.* 27, 180.

Conforti, Claudia (ed.) *Lo specchio del cielo. Forme significati tecniche e funzioni della cupola dal Panthéon al Novecento.* Milano: Electa.

Coulomb, de, Charles Augustin. [1773] 1776. «Essai sur une application des règles de maximis et minimis à quelques problèmes de statique, relatifs à l'architecture». En *Mémoires de mathématique & de physique, présentés à l'Académie Royale des Sciences par divers savans.* Vol. 7, 343–382. Paris: Académie Royale des Sciences.

Daverio, Arialdo. 1940. *La cupola di S. Gaudenzio. L'opera del massimo architetto italiano del secolo XIX Alessandro Antonelli.* Novara : Centro Studi Antonelliani.

Guastavino, Rafaél Moreno. 1892. *Essay on the theory and history of cohesive construction.* Boston: Ticknor and Company.

Galilei, Galileo, 1638. *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attenenti alla meccanica e i movimenti locali.* Leida: Elzeviri.

Huerta, Santiago (ed.). 1999. *Las bóvedas de Guastavino en América.* Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Gulli, Riccardo y Mochi, Giovanni. 1995. *Bóvedas tabicadas. Architettura e Costruzione.* Roma: CDP Editrice-Edilstampa.

Gulli, Riccardo. 2006. *La costruzione coesiva. L'opera* dei Guastavino nell'America di fine '800. Venezia: Marsilio.

Mascheroni, Lorenzo. 1785. *Nuove ricerche sull'equilibrio delle volte.* Bergamo.

Mascheroni, Lorenzo. 1797. *La geometria del compasso.* Pavia: Eredi di P. Galeazzi.

Parks, Janet y Alan G. Neumann (eds) 1996. *The Old world builds the New. The Guastavino Company and the technology of the catalan vault, 1885–1962.* Catálogo de exposición. New York: Avery Architectural Library and the Miriam and Ira D. Wallach Art Gallery, Columbia University.

Peagno, Guido (ed.). 1998. *Per San Gaudenzio.* Edizione aggiornata di Daverio, Arialdo. 1940. *La Cupola di San Gaudenzio.* Ravenna: Valerio Maioli.

Pozzi, Roberto. 1994. «Microarchitettura delle volte di Alessandro Antonelli». *Ananke.* II, 8, 88–91.

Ramazotti, Luigi. 2001. «La cúpula para San Juan el Divino de Nueva York de Rafael Guastavino». En Huerta, S. (ed.). *Las bóvedas de Guastavino en América.* Libro del catálogo de la exposición, 187–200. Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU.

Re, Luciano. 2008. «Il disegno delle cupole antonelliane». En Dardanello, Giuseppe y Tamborrino, Rosa (eds.) *Guarini, Juvarra, Antonelli —Segni e simboli per Torino,* 138–143. Catálogo de la exposición. Torino: Silvana Editoriale.

Rondelet, J.ean-Baptiste. 1802. *Traité théorique et pratique de l'art de bâtir.* Paris: chez l'Auteur.

Sinopoli, Anna; Corradi, Massimo; Foce Federico. 1997. «A modern forrnulation for pre-elastic theories on masonry arches». *Journal of Engineering Mechanics (ASCE).* Vol. 123(3), 204–213.

Tartaglia, Nicola. 1565. *Iordani Opvscvlvm de Ponderositate.* Venezia: Apud Curtium Troianum.

Vittone, B.A. 1760. *Istruzioni Elementari per l'indirizzo dei giovani allo studio dell'architettura.* Lugano: Agnelli.

Técnicas constructivas utilizadas en las bóvedas de las primeras construcciones españolas en Santo Domingo

Virginia Flores Sasso

Al poco tiempo de la llegada de los europeos al Nuevo Mundo se inicia una gran actividad constructora, sobre todo en la primera mitad del siglo XVI. Esta actividad se inicia en el Caribe, pues el primer contacto de europeos con estas nuevas tierras se da en esta región, y es precisamente allí donde se fundan las primeras villas de Las Indias. Todas las villas, ya sean pequeñas o grandes, se crean con determinados propósitos, entre ellos la conversión y evangelización de la nueva población encontrada en estas tierras.

Para esto es necesario una infraestructura que sirviera de plataforma para poder lograr sus intereses por lo tanto amparados en querer llevar el evangelio a todos así como el dar servicio eclesiástico a los españoles que comenzaban a residir en estas nuevas tierras, se da inicio a las construcciones de las primeras iglesias y monasterios de Las Indias.

Esta política estratégica va acompañada de una homogeneidad arquitectónica ya que es la Corona la que tiene los privilegios del Patronato Real, que le otorga el derecho y la obligación de controlar y supervisar el desarrollo eclesiástico en el Nuevo Mundo. Además son los que financian cada uno de los edificios religiosos, ya sea en su totalidad o parcialmente como sucede en algunos casos, llevando el control y supervisión de todas las obras eclesiásticas. Esta homogeneidad en la arquitectura religiosa se refleja claramente en las primeras construcciones en el Caribe.

La Evangelización en América y la actividad constructiva en La Española

Fue en las órdenes mendicantes donde cayó la responsabilidad de la evangelización y cristianización de los indígenas del Nuevo Mundo, por lo tanto son ellas las que inician la construcción de los edificios eclesiásticos indiscutiblemente apoyados por la corona española.

Las primeras órdenes en llegar a Las Indias fueron: los franciscanos en 1493, los mercedarios en 1500, los dominicos en 1510 y los jerónimos en 1516.[1] Todas estas órdenes se instalan en La Española, ya que fue la isla elegida por los españoles para iniciar la Conquista, Colonización y Evangelización del Nuevo Mundo.

Otras órdenes religiosas llegan mas tarde, como los agustinos, que llegan directamente a Nueva España, hoy México en 1533. Así mismo, en la mitad del siglo XVI, llegan las religiosas estableciéndose en La Española los conventos femeninos de la Orden de Santa Clara en 1552 y de la Orden Dominica de Santa Catalina de Siena conocida en la isla como Regina Angelorum, en 1560, cada una de estas órdenes construyó sus respectivos conventos e iglesias.

Durante los primeros 17 años (1492–1509) del Descubrimiento ya hay fundadas 18 villas en La Española, cada una de ellas con ayuntamiento y presencia eclesiástica; de las cuales sabemos que diez de estas villas tenían conventos de piedra o de madera según la importancia de la villa en ese momento.

Lamentablemente tenemos muy poca información sobre la construcción de estos primeros conventos e iglesias que se hicieron en la isla, sólo hemos encontrado una que otra carta o documento donde se mencionan algunos datos; y en cuanto a evidencias físicas, muchas de estas iglesias fueron hechas con materiales ligeros y frágiles, así que los fenómenos naturales que azotan frecuentemente la región, como huracanes y terremotos; los ataques piratas, los incendios y el paso de los años se han encargado de borrar las huellas. Así nos lo confirma una carta de 1513 donde el Rey le ordena al virrey don Diego Colón, que hicera construir una yglesia de paja e madera según e como se an fecho otras en la dicha ysla. (A.C. 1: 157).[2]

En 1535 Fernández de Oviedo menciona que en la villa de Santo Domingo «ay aquí tres monasterios que son Sant Francisco e santo domingo y santa maria de la merced; los quales por la orden que los he nombrado assi son antiguos, o primeramente fundados en esta ciudad; son todas las casas gentiles edificios, pero moderados y no tan curiosos como los de España» (Palm 2000, II: 54).

Desde la llegada de Colón en 1492 hay presencia de constructores pero es a partir de su Segundo Viaje cuando llega una *«brigada de obreros, con acopio de ladrillos, cal y yeso»* (Palm 2002, I: 88), a cuyo frente se encontró al aparejador Zafra y es el momento donde se ordena y realiza la construcción del primer asentamiento español en América, la villa de La Isabela fundada el 2 de enero de 1494.

Al principio todos los materiales de construcción fueron traídos desde España hasta que se comenzó a hacer cal y ladrillo en la isla. El propio Nicolás de Ovando en un documento dice: «he edifciado al principio muchas casa de paja hasta que se supo Hacer cal y ladrillo, y después ha hecho ocho o nueve casas de piedra» (Rodríguez 1978, 60) Pero a pesar de tener materiales locales, se siguió importando por varios años algunos materiales de construcción. Todavía en 1508 se ordena llevar a La Española «el mas ganado que ser pueda, teja y ladrillo para las iglesias» (Rodríguez 1978, 100). Además revisando las partidas de embarque de ese mismo año encontramos como parte del equipaje declarado por algunos pasajeros cosas como: vigas de madera, tejas, ladrillos, seras de azulejos y clavos entre otros materiales, así como herramientas de construcción.

Pero esto no duro mucho pues en diciembre de 1511 se dispone que se hagan los ladrillos y las tejas en la isla ya que «el ladrillo es de mala cargazón y hunde los navíos, que se de orden como se hagan en la Española» (Rodríguez 1978, 100). Pensamos que es a partir de este momento cuando se inicia la fabricación de estos materiales en la isla ya que para esos años existía en Santo Domingo un tejar y una fabrica de ladrillo, junto al río Ozama propiedad del vasco Francisco Garay, la cual fue vendido en 1528 a García de Aguilar. (Rodríguez 1978, 100).

Durante gran parte del siglo XVI sobre todo en la primera mitad, es que se da el auge constructivo en La Española y llegan centenares de personas relacionadas al oficio de la construcción. la mayoría de ellos españoles. La ubicación estratégica así como la concentración de los poderes legislativos, judiciales y eclesiástico, hacen que la isla se utilizara como puente entre el viejo y el nuevo mundo, debiendo pasar a través de ella casi todas las personas que deseaban llegar a Las Indias.

Fray Bartolomé de las Casas menciona que en la isla hay «trabajadores, albañiles y carpinteros, y otros oficiales con las herramientas e instrumentos necesarios, así para probar a sacar oro, como para hacer alguna casa fuerte» (Casas 1987, I: XC: 367–368). Así mismo en 1501 se le ordena a Nicolás de Ovando, antes de zarpar «a buscar y pagar albañiles y carpinteros y sus herramientas para las fortalezas de las Indias» (Rodríguez 1978, 54).[3]

Al parecer esta orden fue acatada por Ovando ya que en 1502 al llegar a La Española con su flota de 39 naves y 2.500 personas, entre los pasajeros se encontraban «15 oficiales de manos, 4 albañyles, 2 carpinteros, 4 caleros, 2 aserradores, 1 texero, 1 tendedor, 1 tonelero ... las personas dichas con todo lo necesario de ropa, mantenimientos, herramientas & para sus casas i oficios, fueron a costa de Sus Altezas» (Marte 1981, 150).

Como la Corona era la responsable de controlar y supervisar el desarrollo eclesiástico, en 1509 con la llegada del virrey don Diego Colón a la isla, el Rey de inmediato le ordena *que* (las iglesias) «sean buenas y bien fuertes aunque no sean muy altas ni muy fundiosas porque las grandes tormentas que en esa ysla se comienzan a venir no las derriben ... sólo los cimientos habrán de ser de piedra y lo demás de tapia» (Palm 2002, II: 26). No podemos asegurar que todas estas iglesias fueran construidas de este modo,

ya que algunas han desaparecido en su totalidad y hay muy poca evidencia física. De estas iglesias sólo nos quedan algunos vestigios arqueológicos los cuales nos proporcionan una idea del tipo de material utilizado para su construcción y la forma y distribución de algunas iglesias.

La primera iglesia en construirse fue en La Isabela, primera villa de América, donde se puede apreciar su planta rectangular y su campanario. Tal vez esta iglesia fue construida como ordenó el Rey, con los cimientos de piedra y lo demás de tapia, pero hoy sólo encontramos las huellas de los cimientos y arranques de los muros de mampostería de piedra. Además fueron hallados en el sitio arqueológico, tejas curvas lo que indica que posiblemente tuvo cubierta a dos aguas de madera con tejas. Este tipo de cubierta posiblemente se debió, entre otras cosas, a que en estos primeros años no llegaron grandes maestros constructores, sino un gran número de carpinteros, ya que incluso en la isla se construían barcos desde 1496 (Rodríguez 1978,144).

La Corona a través de la Casa de Contratación envía oficiales especialistas en construcción para trabajar en los edificios eclesiásticos y públicos de las villas. En 1509 el Rey le dice a Nicolás de Ovando que:

> suplicaronme mandase hacer las dichas iglesias de obra durables ... por servicio de Nuestro Señor ... lo he mandado asi proveer e he enviado a mandar a nuestros oficiales de la Casa de Contratación que residen en la ciudad de Sevilla que envien oficiales canteros los que fueren menester para ello (Palm 2002, I: 47).

Al parecer estos constructores se enviaron de inmediato, pues al poco tiempo se recibe una carta del Rey donde manda al Oficial Contador de La Española a pagar los salarios convenidos a «un maestro mayor de las obras, a seis albañiles y canteros, a dos caleros, a tres carpinteros, a un aserrador, a uno que anda con los indios que sirven en dichas obras y a dos que andan con las carretas en dichas obras» (Marte 1981, 64–65).

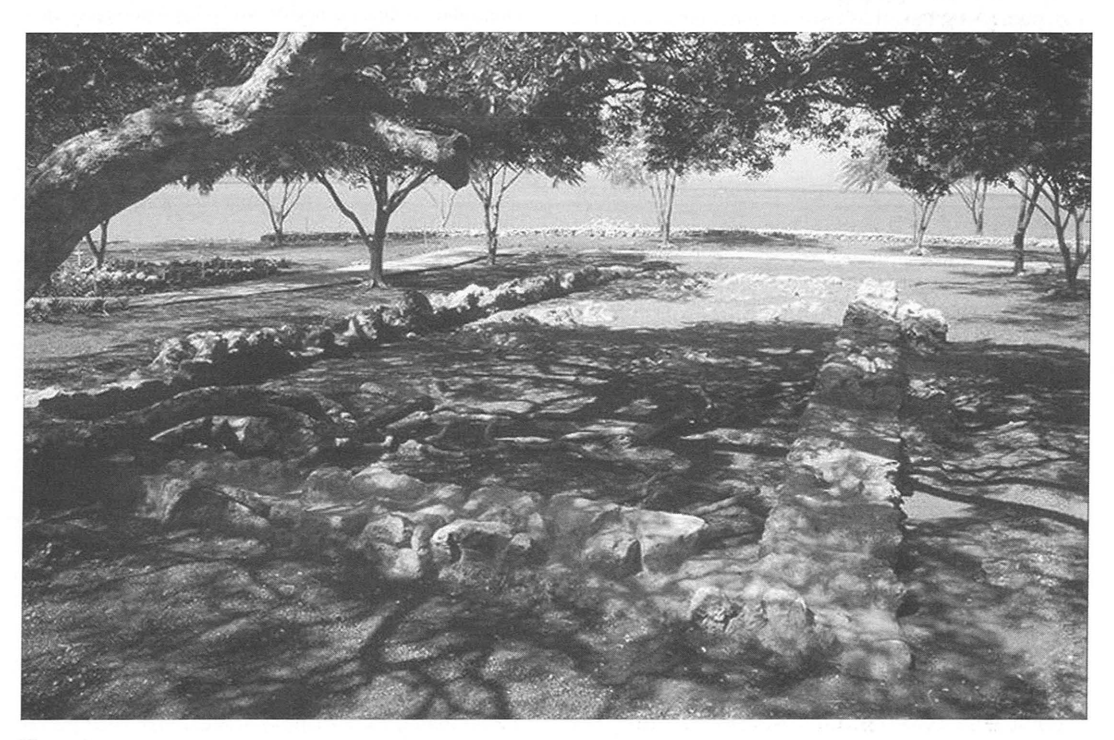


Figura 1
Restos de la iglesia en La Isabela (Prieto 1990)

El salario, en el año 1509, de los maestros, albañiles, canteros, carpinteros y otros constructores, de acuerdo al documento enviado por el Rey a Ovando es el siguiente:

> a un maestro mayor de obras 30,000 maravedíes, a seis albañiles i canteros —a razón de 32,000 cada uno— 192,000 maravedíes; a dos caleros —a razón de 20,000 cada uno— 40,000 maravedíes; a tres carpinteros-a razón de 32,000 cada uno— 66,000 maravedíes, a un aserrador 32,000 maravedíes; a uno que anda con los Indios que sirven en dichas obras (además de otros tres que sirven sin salario) 12,000 maravedíes; a uno que cuida de la comida de los esclavos negros e Indios 12,000 maravedíes; a dos que andan con las carretas de dichas obras 24,000 maravedíes (Marte 1981, 64–65).

En 1510 la Corona prepara una expedición de constructores y materiales de construcción dirigida hacia La Española, con el fin de colaborar y apresurar las construcciones de las iglesias y otras obras públicas. En ese momento el Rey ordena al Almirante y Oficiales de la Española que hicieran «sin dilacion las Iglesias, pues ya estaran ai Maestros i materiales: seran los asientos de piedra, i lo demas de mui buena tapieria» (Marte 1981, 87). Esta expedición consistió en dos maestros canteros, Juan de Herrera, vecino de Sevilla y Ortuño Bretendón o Urtuño de Bretendona oriundo de Bilbao, acompañados por once oficiales obreros contratados por la corona para realizar «las obras de las yglesias y otros lavores» (Palm 2002, I: 87).

Más tarde otro grupo importante de constructores llega a la isla en 1512, entre ellos: 3 carpinteros, 1 herrero, 2 albañiles y 1 cantero. Los constructores que llegaron a La Española estaban dispersos por la isla, ya que trabajaban y colaboraban en todas las iglesias y conventos que se comenzaban a construir en esa época.

Parecería que iba ser una tarea muy difícil o casi imposible el identificar a algunos de los constructores de La Española pero para sorpresa, se han identificado el nombre, el oficio y el origen de unas 124 personas que de alguna manera estuvieron trabajando en el sector de la construcción en La Española durante la primera mitad del siglo XVI.

Además se localizaron algunos constructores que llegaron y trabajaron en La Española y que luego pasaron a otras islas o territorios de tierra firme para continuar construyendo sobre todo a Puerto Rico y Nueva España, hoy México. Aunque también muchos pasaron a Nueva Granada, hoy Colombia; Antigua de Guatemala; Cuba y Panamá entre otros.

Uno de estos personajes es Diego Ramos quien aparece como albañil y luego Maestro Mayor. Ramos llega a Santo Domingo con Ovando en 1502, como «mayordomo de obras que tiene a cargo las obras del Rey», y luego «en 1511 pasó a la isla de Puerto Rico con Ponce de León» (Benzo 2000, 329). En 1534 dice que tiene más de 20 años como vecino de la ciudad de San Juan de Puerto Rico, donde en 1546 fue nombrado para representar la isla ante la Corona.

Otros siete constructores que habían trabajado en La Española pasaron a la Nueva España a trabajar en las obras que allí se comenzaban a hacer. Algunos de ellos además de construir se dedicaron a la enseñanza del oficio a indígenas como fue el caso del albañil Diego Díaz quien aparece en 1509 en La Española y luego aparece en Nueva España 17 años después.

El historiador Kubler lo menciona al referirse a los primeros maestros europeos en México, y dice:

> La identificación de estos maestros es tarea totalmente imposible; el único conocido es el albañil portugués Diego Díaz de Lisboa, quien inició sus actividades en la Nueva España hacia 1526, y que en una noticia autobiográfica de 1547 aseguraba haber enseñado su oficio a todos los albañiles indígenas de México. En la época de la Segunda Audiencia (1531–1535) fue maestro de obra en la capital, y afirmaba que durante este período, varios españoles e indígenas aprovecharon sus conocimientos (Kubler 1990, 115).[4]

Conocer de la trayectoria de este albañil es de suma importancia ya que se convierte en uno de los primeros constructores conocidos que trasmitieron su oficio a los indígenas. Además el hecho de haber estado primero en La Española y luego en México, hace posible pensar que también el haya adquirió algunas técnicas y conocimientos propios de las civilizaciones de las Indias.

De los constructores conocidos que se trasladaron de La Española a Nueva España encontramos a: Rodrigo de Pontesillas, un tal maestre Martín, Luís de la Torre, natural de Ciudad Real, Juan Rodríguez, Diego Ramírez, natural de Jerez de la Frontera[5] y Juan de Entramasaguas entre otros. Otro constructor importante es el mallorquín Anton García quien se encontraba en La Española desde 1516. Este personaje era «oficial diestro en toda cosa ... de carpinteria y albañileria». En 1521 todavía se encontraba en

Santo Domingo pues aparece un pago por trabajos realizados en la fortaleza. En 1534 ya estaba en Cartagena dándole la traza a la Catedral y en 1535 fue contratado para la construcción de la Catedral de Panamá, la que nunca se construyo (Palm 2000, I: 89).

Arquitectura Religiosa en Santo Domingo

La ciudad de Santo Domingo se funda en 1498 y el lugar escogido por Bartolomé Colón fue la margen oriental del Río Ozama. Por diversos motivos, entre ellos la destrucción de gran parte de la ciudad por un huracán, en 1502 la villa se traslada a la margen occidental del río Ozama donde Nicolás de Ovando, ya instalado como gobernador de la isla traza la nueva ciudad.

A principios del siglo XVI de todas las ciudades fundadas la más grande y donde se estaban realizando las obras más importantes era en la ciudad de Santo Domingo. Fray Bartolomé de las Casas nos dice que:

> ya que pasados acá todos los vecinos (a la margen occidental del rio Ozama) hicieron sus casas de madera y paja, pero desde algunos meses començaron cada uno según podia, a edificarlas de piedra y cal. Tiene la comarca desta ciudad los mejores materiales para edificios que se pueden hallar en alguna parte, asi de canteria como de piedra para cal, y la tierra para tapias, y para ladrillo y teja, barriales (Casas II: 8, 89).

Sabemos que la primera casa de piedra que se edifica en la ciudad de Santo Domingo se realiza luego del traslado de la villa en 1502. Sobre este hecho Nicolás de Ovando dice «quel que primero fundo casa de piedra e al modo de España en esta ciudad, fue Francisco de Garay» (Rodríguez 1978, 58). Luego que Garay construyera su casa de piedra muchos otros hicieron lo mismo y pronto la ciudad de Santo Domingo poseía las edificaciones más importantes y más grande que existían en el Nuevo Mundo.

En esos primeros años del siglo XVI en la ciudad de Santo Domingo se estaba construyendo al mismo tiempo la Catedral, el Convento de San Francisco, el Convento de Santo Domingo, el Convento de Las Mercedes, algunas capillas así como otras edificaciones de importancia.

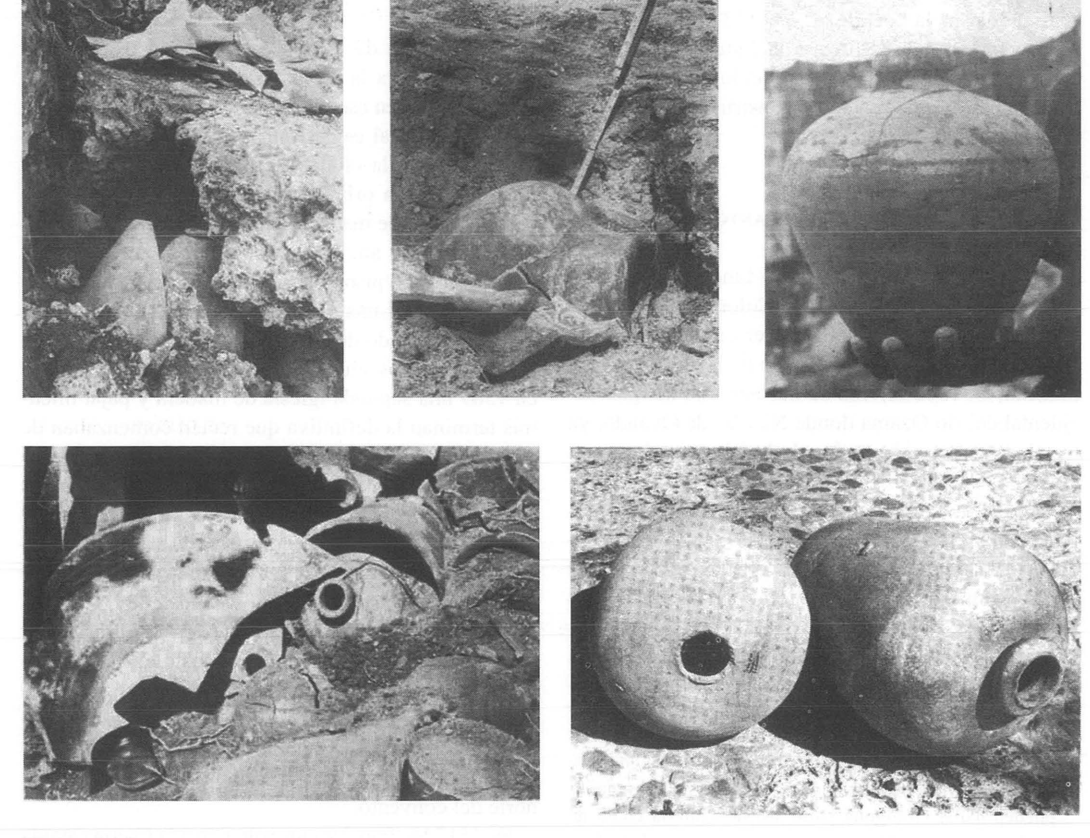
Convento de San Francisco

Es en esta villa de la margen oriental del rio Ozama donde se asienta la primera comunidad de franciscanos en 1500 y en ese momento construyen una pequeña iglesia la cual es destruida en 1508 por otro huracán que azota la ciudad de Santo Domingo. Según descripción esta primitiva iglesia era «un gran bohío con columnas de madera redondas, en número de seis, probablemente sin atrio» ni división entre naves y presbiterio, con piso de mortero hecho con cal y barro y protegida por una verja o pared (Errasti 1978, 96).

Con el traslado de la villa hacia el lado occidental, los franciscanos igualmente se mudan y construyen en 1509 una segunda iglesia de madera y paja, mientras terminan la definitiva que recién comenzaban de piedra. Se estima que esta primera iglesia de piedra fue construida entre 1509 a 1514, ya que documentos de 1511 confirman allí la existencia de una iglesia de piedra. Al parecer parte de esta pequeña iglesia, específicamente la capilla mayor, fue construida con dinero de Francisco Garay y Fernández de Oviedo en 1535 lo menciona diciendo que «la capilla mayor que agora esta hecha la hizo a su costo el Adelantado don Francisco de Garay, porque le diesen allí entierro» (Palm 2000, II: 24).[6] Esta primera iglesia de piedra estuvo ubicada donde hoy se encuentran las ruinas de la Capilla de la Tercera Orden, en el lado norte del convento.

En 1517 los franciscanos solicitan a la Corona ayuda económica así como la asignación de mano de obra. Al parecer esta ayuda llegó 27 años después pues para 1544, se dice que la nueva iglesia ya tenía «más de dos tapias de cantería labradas». Esta iglesia se le atribuye al maestro cántabro-vasco Rodrigo Gil de Liendo, quien en 1555 «tiene hecho la mayor parte Della», pero a pesar de esto no pudo terminarse hasta 1664 cuando se cierran las bóvedas (Palm 2000, II: 79).

En 1978 al proceder a limpiar los techos de la Capilla de la Tercera Orden Franciscana se encontraron grandes cantidades de cerámica usadas como rellenos en las pechinas que forman las bóvedas y en los muros. En la capilla mayor y en la sacristía la colocación de este relleno no seguía ningún orden determinado, encontrándose vasijas colocadas tanto vertical como horizontalmente, cubiertas de tierra calichosa mezclada con fragmentos de cerámica. Sin embargo en las capillas laterales el relleno en las pechinas se hizo con grandes botijuelas todas colocadas en posi-



Figuras 2 y 3
Vasijas de barro encontradas en las cubiertas de la Capilla de la Tercera Orden Franciscana (Ortega 1978, 35)

ción horizontal, similares a las encontradas en la torre del Homenaje de la Fortaleza Ozama. Estos rellenos cerámicos eran hormas para cristalizar azúcar de forma cónica, jarras de aceitunas, envases de barro, tinajas y algunos anafes de barro (Ortega 1978, 35).

La capilla de la Tercera Orden es obra más antigua del conjunto y consta de una sola nave con ábside poligonal ubicada oeste-este; con cuatro capillas laterales y puerta gótica hacia el lado norte. Hacia el lado sur está el atrio del convento por lo cual no tiene capillas, aunque se presume que tuvo algunas capillas. Actualmente sólo queda en pie la capilla mayor con su bóveda estrellada y un tramo de la bóveda de crucerías que servía de cubierta a la capilla, así como las capillas laterales y parte del portal gótico ubicado en el lado norte. Toda la capilla esta construida con mampostería de piedras. De la sacristía sólo quedan parte de los muros de tapia.

La iglesia del convento es de grandes proporciones, de una nave central con crucero y entre los contrafuertes de la nave central están ubicadas ocho pequeñas capillas laterales, cuatro en cada lado. El ábside es poligonal con grandes contrafuertes, posiblemente estuvo cubierto con una cúpula nervada de acuerdo a las huellas que aún quedan. Lamentablemente el convento en sí se encuentra totalmente en ruinas y solamente queda parte de los muros de mampostería de piedra, así como los arranques de las cubiertas. No sabemos qué tipo de bóveda era la cubierta ya que actualmente no queda nada de ella, lo único que podemos apreciar es su gran altura, así como partes de las cúpulas de algunas capillas laterales.

Hoy el conjunto conventual de San Francisco lo integran: la capilla de la Tercera Orden Franciscana, la Iglesia, el Convento y las huertas. Desafortunadamente todo el conjunto se encuentra en ruinas ya que fue destruido por huracanes, terremotos y varios sucesos bélicos.

Convento de Santo Domingo

En 1510 llegan los primeros padres dominicos alojándose en una casa de madera y paja. Como también estaban dentro del sistema de ayuda oficial que brindaba la Corona a las Órdenes Religiosas de inmediato comienzan a hacer gestiones para iniciar la construcción de su convento, y en 1510 el Rey ordena «que se favorezcan a los dominicos y se les de buenos sitios para sus conventos» (Errasti 1998, 110).

Para las obras del convento los dominicos se favorecieron en el Repartimiento de Indios de 1514 con «una cacica y trece indios» para que trabajasen en la construcción de su convento. Además ese mismo año recibieron dos cargamentos de ladrillos: uno de 7.000 y otro de 2.500 ladrillos, todos pagados por la Corona, y cuyo recibo fue firmado por Fray Antón de Montesinos en persona (Errasti 1998, 110–111).

En la fachada principal, en la parte central hay unas inscripciones que dice «Imperial convento dominico edificado por el emperador Carlos V año de 1517 del que aviendose destruido cuatro tramos que eran de uca los reedifico el reverendo padre predicador general Fray Joseph Hernández Castellanos siendo actual prior año 1746» (Ugarte 1995, 38).

La obra del convento no se le atribuye a un sólo maestro. Posiblemente la iniciaran los albañiles Antón Gutiérrez Navarrete y a su hijo Alonso quienes fueron contratados en España, en 1524, por cuatro años y con un sueldo de 70 ducados anuales por Fray Antón de Montesinos; para que trabajen en el convento y con el compromiso de enseñarle el oficio a un esclavo (Palm 2000, II: 53). También trabajo en las obras el maestro Rodrigo Gil de Liendo.

Para 1544 el convento ya se había terminado pues es mencionado como «de buenos oficios y sacristía bien adornada» (Ortega 1978, 97). La iglesia de los dominicos es la iglesia católica más antigua en pie del Nuevo Mundo. El conjunto que forma el Convento de Santo Domingo esta compuesto por: la iglesia, el convento, la capilla de la tercera orden dominica y la Universidad de Santo Tomás.

La iglesia, orientada este-oeste, tiene la planta de una sola nave con capillas laterales ubicadas entre los contrafuertes, pero con la peculiaridad de que están comunicadas entre sí a través de pequeñas aberturas y desprovistas de galerías a la manera catalana. También presenta la nave transversal intercalada entre testero y





Figura 4
Vasija de barro encontrada en la cubierta del Convento de Santo Domingo (Prieto 2006)

tramos occidentales, que no excede la profundidad de las capillas, mostrando muy marcada la significativa hipertrofia de la cabecera (el crucero según el patrón isabelino, ocupa el espacio de dos tramos), con una bóveda chata que no se nota sino desde arriba.

En sus cubiertas también se encontraron vasijas de barro colocadas como relleno para aligerar el peso de la cubierta en las pechinas. Se presume que estas vasijas fueran jarras de aceite o de aceitunas. También en las excavaciones arqueológicas que se realizaron en los patios se encontró una gran cantidad de fragmentos de jarras de aceitunas o de aceite.

El historiador Palm expresa que la iglesia tiene influencia gótico-catalán y la describe de la siguiente manera: «El crucero tiene una bóveda de crucería apenas acusada al exterior por un perfil dómico, frecuente en el arte español, que a diferencia de la linterna y cúpula, no llega a definirse en forma autónoma» (Palm 2000, II: 54). En 1568 Echagoian nos dice que «la iglesia no la hay en la ciudad de Sevilla otra mayor ni de mejor parecer y de otras muchas calidades, salvo el monasterio de San Pablo» (Palm 2000, II: 54).

Convento de Nuestra Señora de las Mercedes

El conjunto conventual de Las Mercedes se comienza a construir entre 1527 y 1555, a cuyo cargo se encontraba el maestro mayor Rodrigo Gil de Liendo. Su concepción es consecuencia de lo que se hacía en España para la época y de lo que los españoles de la época pensaban que debía hacerse en territorio indiano.

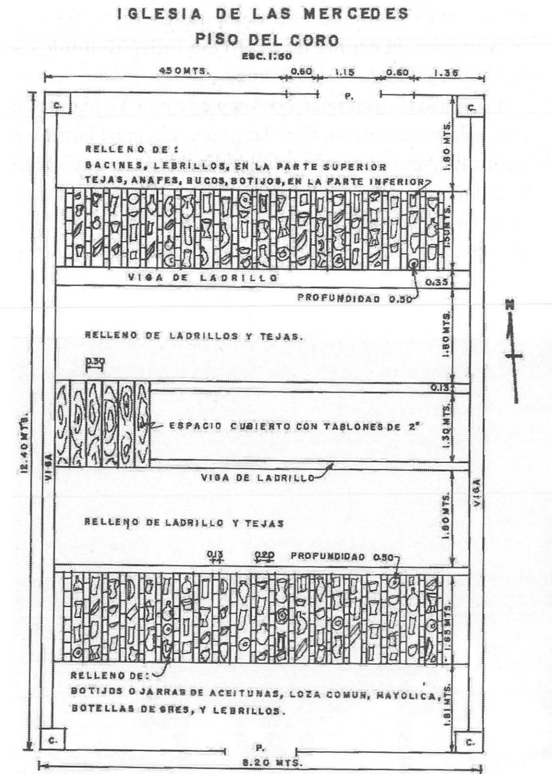


Figura 5
Planta del piso del coro alto de la Iglesia de las Mercedes, donde apareció relleno cerámico (Ortega 1978, 154)

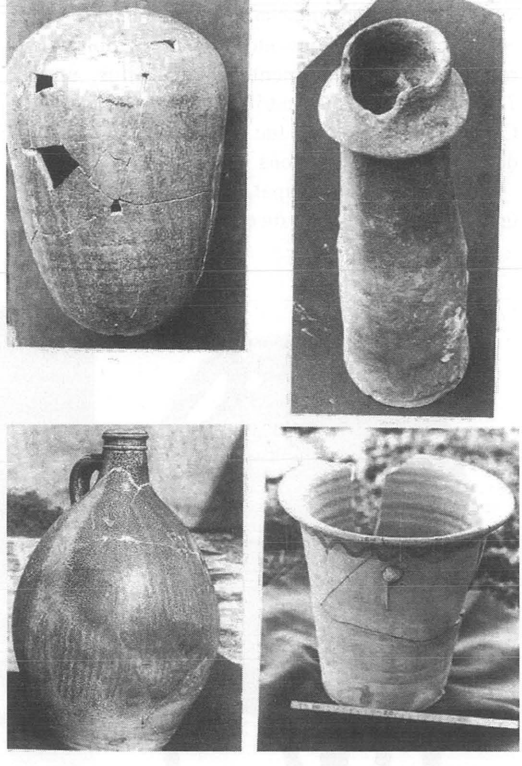
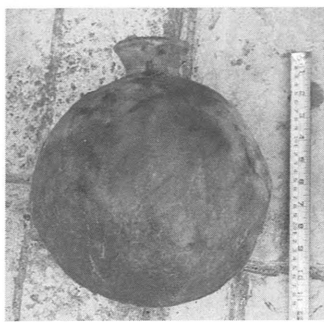
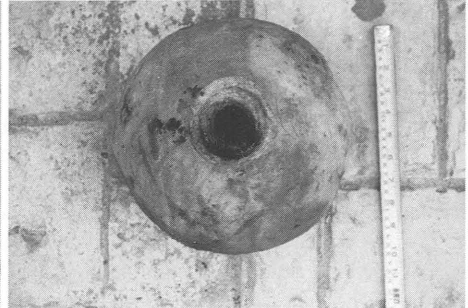
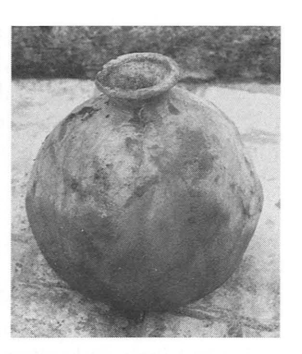


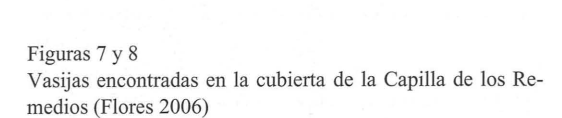
Figura 6
Material cerámico encontrado como relleno en el piso del coro alto de la Iglesia Las Mercedes (Ortega 1978, 225)











Figuras 7 y 8
Vasijas encontradas en la cubierta de la Capilla de los Remedios (Flores 2006)

La iglesia tiene planta de una sola nave con ábside ochavado en el testero, con capillas laterales ubicadas entre los contrafuertes las cuales se comunican entre sí por medio de pequeñas aberturas o portillos, al igual que en la iglesia dominica. Tiene fuerte estribos en los pies para soportar los campanarios, uno a cada lado de la nave y en coincidencia lineal con las capillas laterales. Estructuralmente corresponde al esquema de bóveda gótica, chata, de crucería que descargan, transversalmente a la nave, en arcos ojivales; y se apoyan, longitudinalmente, en gruesos muros.

La historiadora María Ugarte dice que las Mercedes ha sido un monumento que durante los trabajos de restauración ha deparado grandes sorpresas. El gran enigma de su estilo original quedó aclarado al descubrirse en el año 1977 una hermosa pilastra del más puro estilo gótico, embebida en muros posteriores levantados para consolidar la estructura afectada por incendios, terremotos y huracanes. La pilastra gótica del templo, construida por Liendo, se encuentra en la unión de la pared del ábside con el primer contrafuerte de la iglesia, en el lado norte. Actualmente se puede ver de forma parcial tanto del exterior como desde el interior (Ugarte 1995, 86).

En la iglesia de las mercedes hay un caso único de relleno de bóvedas con vasijas de barro, el cual esta localizado en el piso del Coro alto de la Iglesia. Durante los trabajos de restauración, al descubrir los ladrillos del entre piso, se encontraron 42 refuerzos de ladrillos a 20 cm unos de otros, con 60 cm de altura y los espacios entre ellos estaban rellenos con fragmentos de cerámica, sin ningún otro material o argamasa.

Según los arqueólogos este relleno no tiene explicación aparente porque el ladrillo del piso se apoyaba sobre los refuerzos de ladrillos, y por tal razón, pudo haber quedado hueco y así aumentar las propiedades acústicas. Del material recuperado solamente había una pieza completa: un jarro para vino, y las demás piezas estaban fragmentadas, aunque los pedazos eran lo suficientemente grande como para permitir ser restauradas.

El material utilizado como relleno en el coro estaba compuesto de: tinajas, anafes de barro (muy similares

a los encontrados en la capilla de la tercera orden franciscana), fragmentos de hormas para cristalizar azúcar, grandes cantidades de tejas, bucos o tuberías de barro utilizadas para drenaje y fragmentos de jarras de aceitunas entre otros (Ortega 1978, 112).

Capilla de la Virgen de los Remedios

En la primera mitad del siglo XVI el Mayorazgo de la familia Dávila, construye su capilla privada dedicada a la Virgen de los Remedios, justo al lado de su casa de piedra que tenían en la Calle Las Damas. Al tratarse de una capilla privada la fecha exacta de su construcción o su constructor no se ha determinado pero en 1554 ya aparece como parte del mayorazgo de Dávila.[7]

La capilla tiene planta de cruz latina con una sola nave cubierta por bóveda de medio cañón y en los muros laterales se abren arquerías de cuatro arcos ciegos que sirven de contrafuertes los mismos muros de las naves. Su ábside es ochavado y esta cubierto por una bóveda de crucerías y sus nervaduras hechas de ladrillos arrancan de la unión de arcos apuntados. El crucero (que tiene mutilado el brazo sur) esta cubierto con una bóveda de crucería con nervaduras góticas de ladrillo con una altura del techo mayor que el resto de la iglesia.

En 2006 mientras realizaban la impermeabilización de la cubierta sobre la bóveda de crucería de la capilla hallaron vasijas completas de barro junto a material cerámico como relleno de toda la cubierta. Las vasijas colocadas sobre los ladrillos que forman el arco ojival, están en posición horizontal de forma tal que prácticamente quedan pegadas una de otra creando un espacio compacto. Sobre ellas hay una capa de tejas curvas y tierra rojas y luego trozos de ladrillos cubiertos por una argamasa de tierra y cal.

La utilización de relleno cerámico en Santo Domingo no se limito a la arquitectura religiosa, ya que también la utilizaron como relleno ligero en construcciones como la Torre del Homenaje en la Fortaleza Ozama, donde en «los riñones de las bóvedas se encontraron vasijas de barro vacías y enteras y colocadas en formas horizontales y utilizadas como material liviano de relleno» (Ugarte 1975a). Los arqueólogos Abelardo Jiménez Lambertus y Harold Olsen Bogart., refiriéndose a la torre del homenaje dicen: «se encontró en el relleno de las pechinas de una bóveda botijuelas en posición horizontal» (Ugarte 1975b).

Es indiscutible y se vuelve una constante el carácter de homogeneidad que se presenta sobretodo en toda esta arquitectura religiosa que se construye en Santo Domingo durante la primera mitad del siglo XVI. Posiblemente esta homogeneidad fue dada por sus constructores ya que la cantidad de obras que se realizaban en esos años y el número reducido de maestros de obra que había en Las Indias hace posible que sean los mismos maestros los que trabajaran en una y otra iglesia. Tenemos por ejemplo el caso del maestro cantabro-vasco Rodrigo Gil de Liendo quien trabaja en los tres conventos y quien sabe si también trabajo en la Capilla de los Remedios ya que para la fecha de su construcción él estaba en la isla.

En Santo Domingo nos encontramos con edificaciones de poca altura, con sobre dimensionamiento de sus contrafuertes y la colocación de gran cantidad de refuerzos, posiblemente como respuesta y prevención a los fenómenos naturales que azotan la isla. En cuanto a la planta se refiere todas estas iglesias corresponden al esquema de una sola nave, la mayoría con capillas laterales ubicadas entre los contrafuertes, característica del gótico tardío isabelino. Esta nave central esta cubierta por una bóveda de cañón corrido sobre arcos transversales góticos. El ábside de todas las iglesias tiene forma ochavada cubierto por bóveda de crucería con arco toral apuntado que descansa en pilastras clasicistas. Las nervaduras de las bóvedas están hechas de piedra o ladrillo con plementerías tendidas por hiladas hechas de piedra, y los muros están hechos de mampostería de piedra, con sillares en las esquinas.[8]

Hay que destacar la utilización de vasijas, tierra roja y material cerámico (ladrillos, tejas, tubos, etc.) como relleno para aligerar el peso de las cubiertas. Esta solución no es nueva ya que en España se utilizo hasta el siglo XIV. Como nos dice Zaragozá:

> las bóvedas del gótico mediterráneo durante los siglos XII y XIV se construyeron vertiendo argamasa de cal, aligerada con vasijas cerámicas o piedra porosa, sobre un casquete de ladrillo o piedra apoyado en una red de nervios. Esta era más o menos compleja, pero de rampante recto. Las plementerías según, la tradición local, eran de piedra o de ladrillo dispuesto a rosca. Las cubiertas se resolvían con terrazas, en las que una discreta pendiente pavimentada con baldosas de piedra, de barro, o un impermeabilizante natural permitía llevar el agua fuera del edificio (Zaragozá s.f., 78).

Estas soluciones dadas en las cubiertas también se encuentran en otras iglesias de las colonias españolas en las Indias construidas en el siglo XVI. Hasta el momento conocemos de nueve iglesias, entre ellas tenemos la Iglesia de San José, antigua iglesia dominica en San Juan (Puerto Rico) (1532); la iglesia del Convento de Santo Domingo en Cartagena de Indias (Colombia) (1579); el Convento de Santo Domingo en Tecpatán, Chiapas (1564); el Convento de Santa Catalina de Siena en Oaxaca, de monjas franciscanas (1568); el Convento de San Jerónimo de monjas jerónimas en Ciudad México (1585); el Convento de Santo Domingo en Antigua, Guatemala (1543); el antiguo Convento de Nuestra Señora de Belén en La Habana (terminado en 1718); antiguo Convento de Santa Clara de Asís de monjas de clausura, La Habana (1638) y el Convento de San Francisco de Asís en La Habana, Cuba (1584).

NOTAS

1. Esta última se establece en La Española a raíz de la designación de tres padres jerónimos para que se encargaran del gobierno de la isla por órdenes del Cardenal Cisneros mientras era regente de Castilla.
2. Cédula Real del 12 de mayo de 1513.
3. Cédula Real de 16 de septiembre 1501.
4. El mismo Kubler hace mención de la siguiente cita encontrada en «Conquistadores y pobladores» del historiador Icaza: a veynte años que paso a esta Nueva Spaña... todos los yndios que al presente son offiçiales de canteria, lo son por su yndustria» (refiriéndose a Diego Díaz). Otro que también hace alusión a Díaz es Alamán en su libro «Disertaciones», cuando dice que «de su arte se an aprovechado muchos spañoles e naturales».
5. Diego Ramírez llega en 1505 a La Española, luego pasa a Cuba y en 1519 esta presente en la Conquista de México, donde en 1525 aparece como vecino de la ciudad de México y como encomendero en Atengo; muere en 1547.
6. Las excavaciones arqueológicas realizadas en 1978 por Elpidio Ortega confirman la existencia de esta primera iglesia construida por Garay, al encontrar unos muros empañetados de cal y pisos por debajo de la zapata de los muros de la actual capilla, situados a 25 cm por debajo del terreno actual, en lo que es hoy la Capilla de la Tercera Orden.
7. En 1554 Francisco Dávila hace una declaración de sus bienes y allí incluye la capilla y dice: «declaro que tengo hecha y edificada a mis propias costas y expensas una capilla junto a las casas de mi morada, que se dice Nuestra Señora de los Remedios, que cae enfrente de la calle que atraviesa de las quatro calles a el río por la Audiencia Real» (Ugarte 1995, 210).
8. En el caso de la isla La Española, la bóveda de crucería como tal sigue utilizándose, tanto en Santo Domingo como en el resto de la isla, hasta el siglo XVIII. Un ejemplo de esto lo encontramos en la nave de la Iglesia de Regina Angelorum. En el interior de la isla encontramos iglesias, como la de Bayaguana, que todavía en el siglo XVII utilizan nervios de sección gótica en la cabecera de la iglesia, arcos conopiales y otros elementos característicos del gótico.

LISTA DE REFERENCIAS

Benzo de Ferrer, Vilma. 2000. *Pasajeros a la Española, 1492–1530*. Santo Domingo: Editora Amigos del Hogar, Primera edición, Santo Domingo, Rep. Dom.

Espinosa Spínola, Gloria. 1998. *Arquitectura de la Conversión y Evangelización en la Nueva España Durante el Siglo XVI*. Almería, España, Madrid: Universidad de Almería, Servicios de Publicaciones.

Flores Sasso, Virginia. 2006. *Informe sobre el hallazgo de vasijas en la cuiberta de la Capilla de los Remedios*.

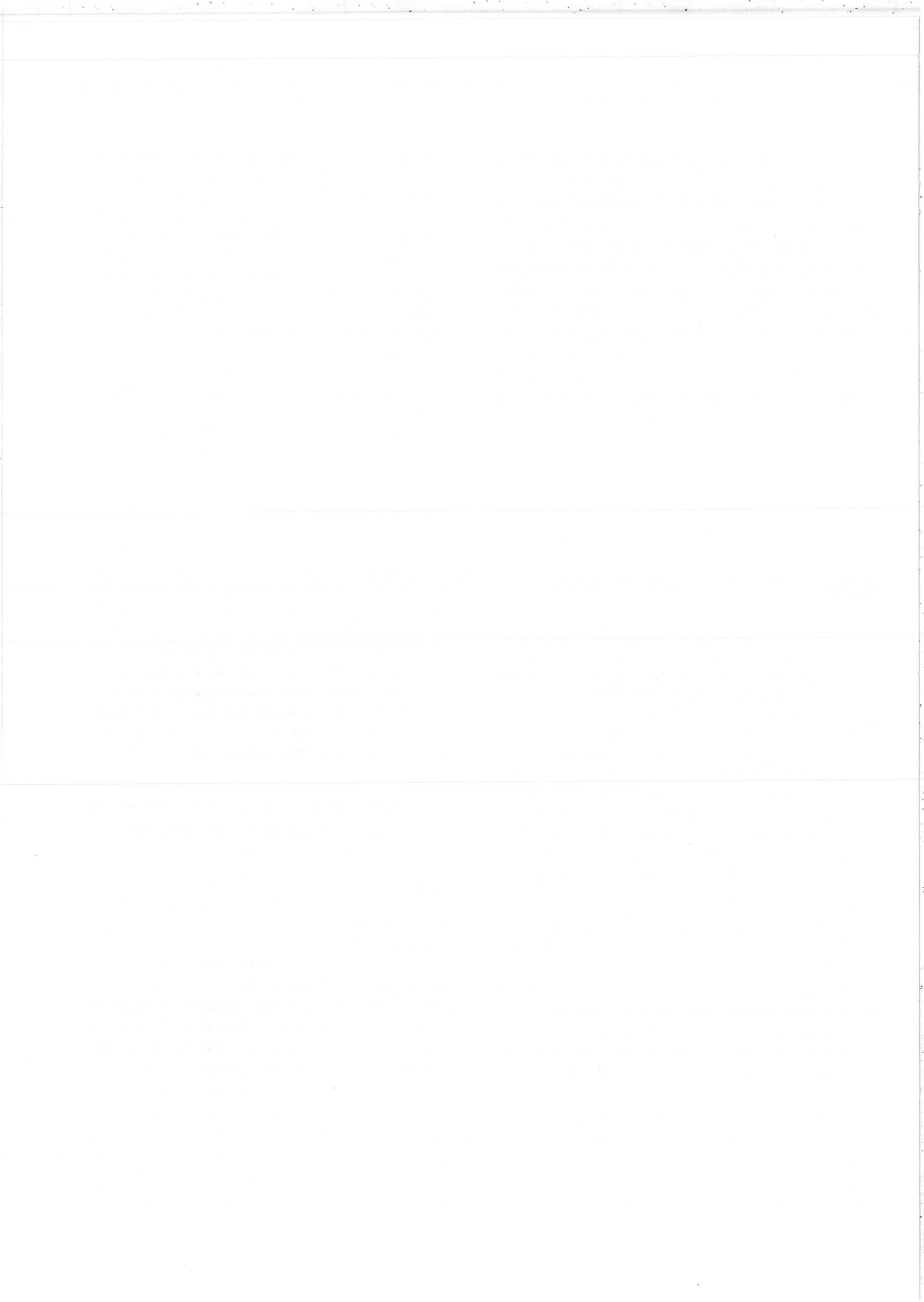
Ortega, Elpidio. 1978. *Arqueología de los monumentos historicos de Santo Domingo*. Universidad Central del Este, Serie Científica VII, Ediciones UCE, San Pedro de Macoris, Rep. Dominicana. PALM.

Prieto Vicioso, Esteban. 1990. Foto tomada en el sitio arqueológico de de La Isabela.

Prieto Vicioso, Esteban. 2006. Foto tomada en el Convento de Santo Domingo.

Ugarte, María. 1995. *Iglesias, capillas y ermitas coloniales*. Santo Domingo: Colección Banreservas. Serie Historia, Vol. I, Editora Amigo del Hogar.

Zaragozá Catalán, Arturo. *Otros Goticos. Bovedas de cruceria con nervios de ladrillo aplantillado y de yeso, nervios curvos, clave de bayoneta, plementeria tabicadas, cubiertas planas y cubiertas inclinadas, sf.*



Leçons a confronto. Progressi della meccanica applicata alle costruzioni dal *Résumé* di Navier (1826, 1833) al *Cours lithographié* (1837) di Saint-Venant

Federico Foce

Un allievo che supera il maestro

Durante le lezioni di meccanica applicata alle costruzioni e alle macchine tenutesi all'École Royale des Ponts et Chaussées nell'anno accademico 1824–1825 Navier e Saint-Venant frequentarono la stessa aula: l'uno, quasi quarantenne, come *professeur suppléant*, poi *titulaire* dal 1831, da poco eletto membro dell'Académie des Sciences nella sezione di *Mécanique*; l'altro, a ventisette anni, come studente destinato ad uscire primo della sua classe nel 1825.

In quell'occasione l'allievo apprendeva dal maestro i fondamenti di una disciplina ingegneristica allora in via di grande sviluppo grazie anche ai contributi che lo stesso Navier aveva dato intorno a quegli anni sulla teoria dell'elasticità e della resistenza dei solidi. Contributi che, per la prima volta in modo sistematico, venivano filtrati e resi accessibili agli allievi ingegneri sotto forma di dispense didattiche litografate (Navier 1819) e, di lì a poco, diffusi a livello internazionale con la stampa del celebre *Résumé des Leçons ... sur l'application de la mécanique à l'établissement des construction et des machines*, pubblicato nel 1826 nella sola prima parte *Sur la résistance des matériaux, et sur l'établissement des constructions en terre, en maçonnerie et en charpente* e poi riedito, in forma rivista ed ampliata, nel 1833, col seguito della seconda e terza parte rispettivamente sulla meccanica dei fluidi e le macchine apparso nel 1838. In questo senso l'apporto pionieristico di Navier all'insegnamento della meccanica applicata merita certamente un riconoscimento speciale e non stupisce il commento di Prony nel necrologio dello scomparso collega:

> ses leçons, tant lithographiées qu'imprimées, distribuées aux élèves qui ont suivi ses cours, et, en général, répandues parmi les ingénieurs, offrent des corps de doctrine qui deviennent de plus en plus nécessaires à mesure que l'application de la théorie à la pratique des constructions exige une étude plus approfondie des sciences physico-mathématiques. (Prony 1837, 16)

Ecco, l'applicazione della teoria alla pratica delle costruzioni sulla base di uno studio più approfondito delle scienze fisico-matematiche, questo era il proposito delle lezioni litografate predisposte da Navier sin dal 1819, primo anno di insegnamento all'École, e costituenti la premessa al *Résumé des Leçons*.

In naturale continuità con questo proposito metodologico, a distanza di tredici anni da quel primo confronto fra maestro e allievo, Saint-Venant doveva a sua volta assumere il ruolo di docente di fronte all'uditorio degli studenti dell'École des Ponts et Chaussées e contribuire in modo decisivo ai progressi della meccanica applicata. Chiamato alla fine del 1837 a sostituire Coriolis, che dal 1831 aveva affiancato Navier e ne aveva poi preso la cattedra alla sua morte nel 1836 per lasciare definitivamente il compito didattico l'anno successivo per ragioni di salute, Saint-Venant produsse per l'occasione un *Cours lithographié* di *Leçons de mécanique appliquée* che,

sebbene rimasto inedito, costituisce una tappa di straordinaria importanza tanto nell'indirizzo assunto dalla sua successiva ricerca scientifica quanto nello sviluppo della meccanica applicata e del suo insegnamento a livello universitario (Benvenuto 1997; Aita e Foce 2006). Il *Cours lithographié* di Saint-Venant rappresenta infatti il primo fondamentale tassello per il grande inquadramento della teoria dell'elasticità e della resistenza dei solidi offerto nella terza edizione del *Résumé des Leçons* di Navier, quella che lo stesso Saint-Venant volle pubblicare nel 1864 con l'aggiunta di un formidabile apparato di note ed appendici che rivelano la portata del suo contributo sulla materia (Foce 2008; 2009).

In nome della continuità metodologica alla quale prima ci si riferiva, questa celebre terza edizione annotata porta a maturazione la *science des ingénieurs* alla luce del sistema di conoscenze fisico-matematiche ottocentesche, maturazione alla quale, per non casuale precedente, lo stesso Navier aveva per primo contribuito qualche decennio prima con una analoga operazione di aggiornamento curando la pubblicazione postuma del *Traité de la construction des ponts* (1809–1816) dello zio Gauthey e le riedizioni della *Science des ingénieurs* (1813) e della *Architecture Hydraulique* (1819) di Bélidor.

In prospettiva storica, il momento decisivo di questa staffetta scientifica è rappresentato proprio dai due testi didattici in oggetto: senza che il *Résumé* di Navier perda valore rispetto al *Cours* di Saint-Venant, è pur vero che un loro confronto mostra i limiti presenti nel primo attraverso i progressi riconoscibili nel secondo. Non è quindi fuori luogo cogliere nell'avvicendamento didattico nelle aule dell'École des Ponts et Chaussées la metafora dell'allievo supera il maestro, tenuto anche conto della vicinanza cronologica delle due opere —la seconda edizione «corrigée et augmentée» del *Résumé* precede di soli quattro anni il *Cours*— e della fretta con la quale Saint-Venant redasse le sue lezioni sullo scorcio del 1837, come dichiarato in più occasioni a giustificazione dei perfezionamenti da lui stesso apportati alla materia nelle sue ricerche successive.

Il confronto che ci accingiamo a istituire riguarda principalmente gli argomenti relativi all'elasticità e alla resistenza dei solidi in relazione alla teoria della trave prismatica soggetta a trazione e compressione, a flessione (e taglio) e a torsione. Tali argomenti sono trattati nella prima delle quattro sezioni della prima parte del testo di Navier, quella *De la résistance des corps solides*, e corrispondono ai primi quattro degli otto capitoli del testo di Saint-Venant. Gli argomenti trattati da Navier nella seconda sezione *De l'équilibre et de la résistance des massifs formés de matières adhérentes - De l'établissement des murs de revêtement des terres* e nella terza sezione *De l'équilibre et de l'établissement de voûtes* non verranno considerati perché assenti nel testo di Saint-Venant, anche se dai manoscritti appartenenti al *Fonds Saint-Venant* risulta che essi vennero esposti durante le lezioni in aula. Infine, per il minor interesse sul piano del confronto dei risultati non verrà presa in esame la quarta sezione del *Résumé*, intitolata *De l'équilibre et de l'établissement des constructions en charpente*, sostanzialmente corrispondente ai rimanenti quattro capitoli del *Cours* di Saint-Venant.

LEÇONS A CONFRONTO

Uno dei tratti che più differenzia i due testi in esame riguarda l'approccio espositivo: per così dire induttivo in Navier, a partire da due ipotesi tacitamente ammesse sul comportamento meccanico della trave elastica e ritenute impropriamente estendibili a tutti i casi di carico e geometria studiati; di tipo deduttivo per Saint-Venant, a partire dai fondamenti della teoria molecolare dell'elasticità dalla quale trarre le necessarie conseguenze nel caso speciale del solido trave.

A dispetto dei personali contributi fondativi sull'equilibrio dei solidi elastici (Navier 1827) e nonostante gli studi di carattere generale pubblicati fra il 1827 e il 1833 da Cauchy, Poisson, Lamé e Clapeyron, nella prima edizione del *Résumé* Navier opta per una trattazione 'dal basso' della teoria della trave, opzione ribadita anche nella seconda edizione del 1833 che avrebbe potuto beneficiare delle nozioni generali di teoria molecolare dell'elasticità ormai disponibili per le applicazioni. Su tale opzione è lo stesso Navier a giustificarsi affermando che

> les recherches générales, fondées sur ces notions, sont trop compliquées pour que l'on puisse les présenter dans un cours élémentaire. On se bornera à déduire des résultats simples et applicables, d'hypothèses dont la justesse ait été vérifiée par des comparaisons nombreuses avec les effets naturels (Navier 1826, 2; 1833, 2)

Punto di partenza di Navier non è quindi il solido elastico di forma generica con il set di equazioni di equilibrio, congruenza e legame costitutivo che ne regge il comportamento meccanico, ma il «corps prismatique», cioè la trave ad asse rettilineo di sezione trasversale costante, indagata sotto le due sottintese ipotesi per le quali, dopo la deformazione dovuta a estensione, compressione, flessione o torsione, le sezioni trasversali restano piane e le fibre longitudinali resistono indipendentemente le une dalle altre.

Saint-Venant, al contrario di Navier, inquadra la teoria della trave 'dall'alto' delle *Lois générales de la résistance des solides*, alle quali è dedicato il secondo capitolo del *Cours*. Per tale inquadramento riveste un ruolo fondamentale la definizione molecolare di tensione con la quale Saint-Venant apre il citato capitolo. Partendo dalla sola ipotesi che la piccola variazione dell'azione intermolecolare è proporzionale alla piccola variazione della distanza r tra due molecole, egli fornisce anzitutto una propria definizione di tensione che perfeziona quelle di Cauchy, Poisson, Lamé e Clapeyron. Da tale definizione, opportunamente trattata mettendo in conto la variazione della distanza iniziale r fra due molecole n ed m di coordinate ortogonali x, y, z e $x + \Delta x, y + \Delta y, z + \Delta z$ prima dello spostamento e $x + u, y + v, z + w$ e $x + \Delta x + u + \Delta u, y + \Delta y + v + \Delta v, z + \Delta z + w + \Delta w$ dopo lo spostamento nella direzione dei tre assi coordinati ed esprimendo le variazioni di spostamento Δu, Δv, Δw col teorema di Taylor sviluppato al primo ordine nella variazione delle coordinate Δx, Δy, Δz, Saint-Venant trae le formule unicostanti fra tensioni e deformazioni per i corpi isotropi. Tali formule risultano, quando si consideri un elemento di superficie di normale z (Saint-Venant 1837, 11, formule (o)):

$$p_{zx} = Ag_{zx}, \qquad p_{zy} = Ag_{zy}, \qquad p_{zz} = A(\delta_x + \delta_y + 3\delta_z)$$

dove

$$A = \frac{1}{30\alpha^3} \sum r^3 \frac{d\frac{f(r)}{r}}{dr}$$

è una costante elastica nella quale α rappresenta l'intervallo molecolare medio,

$$g_{zx} = \frac{du}{dz} + \frac{dw}{dx} \text{ e } g_{zy} = \frac{dv}{dz} + \frac{dw}{dy}$$

sono gli scorrimenti angolari (glissements) e

$$\delta_x = \frac{du}{dx},\ \delta_y = \frac{dv}{dy},\ \delta_z + \frac{dw}{dz}$$

sono le dilatazioni lineari (dilatations).

Le precedenti formule non rappresentano una novità assoluta poiché erano già state dedotte da Cauchy, Poisson, Lamé e Clapeyron. La novità attribuibile a Saint-Venant sta nella loro applicazione alla trave, e qui si gioca principalmente il confronto con la trattazione di Navier, come vedremo discutendo i singoli casi di sollecitazione.

La trave prismatica soggetta a compressione o trazione

I primi due articoli della prima sezione del *Résumé* trattano del «corps prismatique» soggetto a compressione (Art. I) e a trazione (Art. II) e contengono sostanzialmente un elenco di risultati sperimentali relativi alla rottura per schiacciamento o per estensione. Qui Navier non svolge alcuna considerazione teorica, demandata singolarmente al terzo articolo sulla resistenza a flessione riconosciuta nella compresenza di fibre tese e compresse. In questo terzo articolo l'interpretazione del comportamento meccanico di un prisma semplicemente teso o compresso è offerta nei seguenti termini:

> Quand un corps prismatique est tiré dans le sens de la longueur, tous éléments longitudinaux, ou fibres, s'allongent. Si le même corps est comprimé, et qu'il ne puisse céder en pliant, les fibres s'accourcissent. Lorsque les allongements ou accourcissements sont très-petits, ils sont proportionnels à l'effort qui les produit. La variation de longueur d'un corps, pour un effort donné, est d'ailleurs évidemment proportionnelle à la longueur de ce corps (Navier 1826, 24; 1833, 43)

Nel *Cours* di Saint-Venant lo studio della trazione e della compressione della trave è dedotto invece come immediata conseguenza delle formule delle tensioni ricavate in precedenza, con un significativo riferimento all'insufficienza delle trattazioni precedenti, implicitamente inclusa quella di Navier:

> Dans la théorie ancienne de l'allongement ou de la compression des corps élastiques prismatiques par des forces appliquées à leur extrémités, on suppose que leurs di-

mensions longitudinales changent seules. Nous pouvons, munis des formules (o), tenir compte de la possibilité du changement des dimensions transversales, et déterminer même ces changements, comparés à ceux de la longueur (Saint-Venant 1837, 14).

In effetti Saint-Venant osserva che nel caso di prisma a sezione quadrata in materiale isotropo soggetto sulle due basi di normale z ad una distribuzione uniforme di trazioni T per unità di superficie e scarico sulle superfici laterali di normali x e y e supponendo, «ce qui est très admissible (vû la symétrie de la figure, l'égale répartition des forces appliquées aux bases, et la nullité des forces appliquées aux faces latérales)», che in ogni punto del prisma le dilatazioni δ_x, δ_y, δ_z siano costanti e che ovunque sia $p_{zz} = T$, $p_{xx} = 0$ e $p_{yy} = 0$ e $\delta_x = \delta_y$, la terza delle formule (o) applicata in direzione z e x offre:

$$T = A(2\delta_x + 3\delta_z); \qquad 0 = A(\delta_z + 4\delta_x);$$

da cui (Saint-Venant 1837, 14, formule (r)):

$$\delta_x = -\frac{1}{4}\delta_z, \qquad \delta_z = \frac{2}{5}\frac{T}{A}, \qquad T = \frac{5}{2}A\delta_z,$$

$$\delta_x + \delta_y + \delta_z = \frac{1}{2}\delta_z, \qquad A = \frac{2}{5}\frac{T}{\delta_z}$$

Evidentemente, la prima di queste formule mostra che ad una dilatazione in direzione z corrisponde una contrazione trasversale in direzione x e y pari ad un quarto di quella longitudinale; la seconda misura la dilatazione del prisma noti la trazione T e il coefficiente elastico A e dimostra che la dilatazione è direttamente proporzionale alla trazione e inversamente proporzionale al coefficiente elastico; la terza, reciprocamente, dà la trazione capace di produrre una dilatazione nota; la quarta indica che la dilatazione cubica è la metà della dilatazione nella direzione del carico; infine, la quinta fornisce il modo di determinare sperimentalmente il coefficiente A misurando la dilatazione longitudinale sotto una trazione nota.

La trave prismatica soggetta a flessione (e taglio)

Come già anticipato, il terzo articolo del *Résumé* tratta *De la résistance d'un corps prismatique à la flexion produite par un effort dirigé perpendiculairement à la longueur de ce corps*, cioè il caso di flessione accompagnata in generale anche da taglio. In base alla premessa prima citata sull'effetto della sola trazione o compressione, Navier interpreta il comportamento a flessione osservando che

Quand un corps est fléchi, les fibres situées du côté de la face convexe sont allongées; les fibre du côté de la face concave sont accourcies; certaines fibres, situées dans l'intérieur du corps, conservent une longueur invariable. En admettant, conformément à ce qui a été dit ci-dessus, que les fibres opposent à l'allongement et à l'accourcissement, des résistances proportionnelles aux quantités dont les longueurs de ces fibres varient, on peut se rendre compte de la manière dont un corps résiste à la flexion (Navier 1826, 24–25; 1833, 43–44).

A questa descrizione qualitativa segue l'analisi meccanica nella quale Navier mostra alcuni limiti interpretativi in merito all'origine della reazione interna della materia per garantire l'equilibrio alle forze esterne sulle sezioni trasversali. Partendo dall'esame di una trave orizzontale incastrata ad un estremo e soggetta ad una forza verticale P all'altro estremo, egli afferma che per l'equilibrio sulla sezione d'incastro è necessario:

1° que les extensions et compressions des fibres aient fait naître, dans cette section, des forces verticales dont la somme égale le poids P; 2° que la somme des forces horizontales produites par ces extensions et compressions soit nulle; 3° que la somme des moments des forces verticales et horizontales dont il s'agit, et du poids P, pris par rapport à l'axe fixe *aa'* [l'asse neutro], soit nulle. (Navier 1826, 25; 1833, 44)

Questi tre punti meritano una discussione dettagliata utile a distinguere, per comparazione con l'analisi di Saint-Venant, quel che sul piano meccanico è da conservare da quel che è incompleto o da rivedere.

Il punto 2° è corretto in quanto riflette la condizione di assenza di forza normale nel caso della mensola in esame. Da tale condizione discende la determinazione dell'asse neutro, la cui conoscenza è fondamentale per imporre la condizione del punto 3° relativa all'equilibrio dei momenti.[1]

Nel punto 3° il momento interno è associato sia alle tensioni normali («forces horizontales») sia a

quelle tangenziali («forces verticales»), anche se Navier aggiunge che «on néglige les moments des forces verticales, ce qui est permis quand l'épaisseur du corps est petite par rapport à la longueur» (Navier 1826, 27; 1833, 46).[2] Il momento interno è allora prodotto dalle sole tensioni normali e la quantificazione datane da Navier è corretta negli esempi in cui il piano di sollecitazione contiene un asse principale d'inerzia. Indicato con E il modulo elastico longitudinale —definito come la «force nécessaire pour allonger ou pour accourcir un prisme dont la section est l'unité superficielle, d'une quantité égale à la longueur de ce prisme»— e detto ρ il raggio del cerchio osculatore alla linea d'asse nel punto in cui si prende la sezione, dalla condizione di eguaglianza fra il momento delle forze esterne e quello delle tensioni interne rispetto all'asse neutro Navier trae la relazione corretta $M = EJ/\rho$, dove M è appunto il momento delle forze esterne rispetto alla sezione in esame e è il momento d'inerzia della sezione stessa rispetto all'asse neutro.[3] Esplicitando l'espressione della curvatura

$$\frac{1}{\rho} = \frac{y''}{(1 + y'^2)^{3/2}}$$

ed approssimandola «dans le cas où la flexion est très-petite» in modo da trascurare il quadrato di y' rispetto all'unità, Navier ottiene la formula linearizzata $M = EJy''$ che applica a varie situazioni di carico e di vincolo della trave. In particolare, integrando la formula $M = EJy''$ Navier deduce in ogni caso l'equazione della linea elastica col valore della freccia massima e, in funzione di tale freccia, fornisce la lunghezza dell'arco di curva dopo la flessione e la tangente dell'angolo di rotazione agli estremi.

Il punto 1° è invece inconsistente sul piano meccanico perché associa la resistenza a taglio alle estensioni e agli accorciamenti delle fibre longitudinali, cioè alle stesse variazioni di lunghezza responsabili della resistenza a flessione, anziché agli scorrimenti angolari che, in presenza di taglio, le fibre subiscono rispetto alle sezioni trasversali. Da questa impropria interpretazione sulla causa delle tensioni tangenziali operanti su una sezione trasversale e la cui risultante deve eguagliare la forza di taglio P appare evidente che Navier non possiede ancora una precisa nozione di scorrimento angolare, la cui esplicita introduzione nell'ambito della teoria della trave venne data per la prima volta da Saint-Venant nel *Cours* oggetto di indagine, come vedremo a breve.

Rottura a flessione (e taglio) e criterio di resistenza: Navier versus Vicat

Prima di discutere il contributo di Saint-Venant occorre premettere le considerazioni svolte da Navier nel successivo articolo IV *De la résistance d'un solide prismatique à la rupture produite par un effort dirigé perpendiculairement à la longueur de ce solide.* Ferma restando la precedente interpretazione in accordo alla quale la forza di taglio sarebbe dovuta ad estensioni e compressioni longitudinali delle fibre, secondo Navier «la rupture a lieu quand les fibres étendues ne peuvent plus l'être davantage sans se séparer, ou quand les fibres comprimées ne peuvent l'être davantage sans s'écraser» (Navier 1826, 45; 1833, 67). Ora, continua l'autore, per valutare la resistenza alla rottura

> il faudrait connaître 1° l'axe d'équilibre où sont placées les fibres invariables; 2° la valeur de la force produite dans une fibre par une extension ou une compression données. A défaut de ces connaissances, que l'on ne pourrait acquérir que par des expériences délicates, on est obligé, pour obtenir au moins des évaluations approximatives, de recourir à des hypothèses. L'hypothèse la plus simple, et généralement la moins éloignée de la vérité, consiste à admettre que les résistances des fibres, à l'instant où la rupture va s'opérer, sont encore proportionnelles aux extensions ou compressions de ces fibres, comme le sont dans le cas de flexion très-petite (Navier 1826, 46; 1833, 68)

In base all'ipotesi assunta sulla distribuzione lineare delle tensioni sino a rottura l'asse neutro si mantiene nella posizione già trovata dalla condizione di forza normale nulla. In questo modo, detta R «une constante exprimant la force nécessaire pour rompre un prisme dont la section trasversale est l'unité superficielle, tiré dans le sens de la longueur» (Navier 1826, 47; 1833, 69) —cioè la resistenza a rottura a trazione semplice— e indicata con la massima distanza dei lembi della sezione dall'asse neutro dove è raggiunto il valore R, Navier ottiene l'espressione del momento interno RJ/v' da lui denominata *moment de rupture*.[4] Col proposito di imporre la condizione di

rottura Navier eguaglia tale espressione al massimo valore del momento delle azioni esterne per dedurre il valore del carico che produce la rottura, nota la resistenza R o, viceversa, il valore della resistenza R noto il carico che produce la rottura.

Riconoscendo varie discordanze tra le aspettative teoriche e i risultati sperimentali sulla resistenza a rottura per flessione, al termine dell'articolo IV Navier aggiunge un significativo *Remarque sur la théorie de la résistance à la rupture* dove osserva che

> La théorie présentée ... est fondée sur l'hypothèse que les fibres longitudinales, à l'instant de la rupture, offrent des résistances proportionnelles aux extensions et contractions de ces fibres, et qui sont égales pour des extensions et contractions égales ... Si cette hypothèse était exactement conforme aux effets naturels, les valeurs de la constante R déduites, au moyen des formules précédentes, des expériences sur la rupture [a flessione] ... ne différaient point des résultats obtenus par les expériences directes sur la rupture des corps produite par extension ou par écrasement. Lorsque cet accord n'a pas lieu, on doit l'attribuer à ce qui les fibres des corps n'opposant pas, quand la rupture vient à s'opérer, des résistances égales à l'extension et à la compression, l'axe d'équilibre change de situation, en sorte que les expressions du moment de rupture ne s'accordent pas avec l'état du solide» (Navier 1826, 70; 1833, 93–94)

A questa prima annotazione sulle possibili ragioni del disaccordo fra teoria ed esperienze, Navier ne aggiunge altre due di strategica importanza perché rivolte a salvaguardare gli esiti teorici nei limiti di validità delle ipotesi assunte per dedurli, e cioè a dire quando i materiali operano in condizioni di esercizio di modo che la loro elasticità non è ancora alterata:

> On doit remarquer toutefois, 1° que les principaux résultats obtenus précédemment n'en sont pas moins vrais; en sorte que les résistances des bases rectangulaires sont toujours proportionnelles à la largeur et au carré de l'épaisseur ... 2° Dans les applications, on n'est point dans le cas de calculer les résistances respectives des corps en les considérant dans l'état qui précède la rupture: on les considère, au contraire ..., lorsqu'ils n'ont pu prendre encore qu'une légère flexion, qui n'en a point altéré l'élasticité; et les résultats précédents conviennent alors sensiblement à la manière dont la résistance s'exerce» (Navier 1826, 70; 1833, 94).

Il disaccordo fra risultati teorici e sperimentali, smussato da Navier alla luce delle precedenti osservazioni, doveva al contrario essere accentuato da Vicat sulla base dei suoi test su vari tipi di materiali, tanto da fargli assumere una netta posizione contro le teorie allora adottate ed a favore di una fondazione sperimentale della resistenza dei materiali, con particolare riferimento al ruolo sino ad allora trascurato delle azioni taglianti. Già in una nota del 1827 presentata all'Académie des Sciences ed oggetto di un *Rapport* di Girard, Prony e Dupin (Girard 1827) e poi in un rendiconto esteso delle sue ricerche sperimentali (Vicat 1833) a sua volta oggetto di un ulteriorel *Rapport* degli stessi Girard e Prony (Girard 1833), Vicat aveva messo in guardia dai pericoli dovuti alla «force transverse», cioè alla forza di taglio, osservando che:

> parmi les diverses manières dont l'aggrégation des corps solides peut être attaquée et détruite, il en est trois qui sont essentiellement distinctes, et dont toutes les autres dépendent probablement par des lois plus ou moins simples. Ces trois manières sont: 1°. le tirage qui produit l'extension, 2°. la pression qui produit l'écrasement; 3°. l'effet qui tend à diviser un corps, en faisant glisser, pour ainsi dire, une de ses parties sur l'autre, sans exercer ni pression, ni tirage hors de la face de rupture (Vicat 1833, 201).

Questa terza maniera elencata da Vicat è quella rispondente appunto alla rottura dovuta alla «force transverse», oggetto delle sue ricerche sperimentali assieme alla «force portante» e alla «force tirante» —rispettivamente la resistenza a compressione e a trazione nella terminologia da lui proposta. Queste tre forze o resistenze, aggiunge inoltre Vicat introducendo un distinguo importante tacitamente ripreso poi da Saint-Venant, possono essere «*instantanées*» oppure «*permanentes*», nel senso che

> si, par exemple, un cube de pierre d'un centimètre de côté s'écrase quelques minutes, ou même quelques heures, après avoir porté un poids de 100 kilogrammes, ces 100 kilogrammes ne sont que l'expression d'une force *instantanée*, et conséquemment relative. Mais se le même cube peut, au contraire, porter indéfiniment sans se briser 30 kilogrammes, et pas plus de 30 kilogrammes, ce chiffre mesure sa véritable force portante absolue ou *permanente*.

Ora, continua Vicat,

> les forces permanentes des matériaux sont, pour les cas généraux des applications, les seules véritablement im-

portantes à connaître. Or, non-seulement on ne les connaît point, mais l'expérience elle-même semble reculer devant ce genre d'investigation; on conçoit, en effet, quelle immense échelle on aurait à parcourir pour embrasser tous les cas; aussi n'avons-nous point osé aborder cette difficile entreprise. L'object presque exclusif de ce mémoire est, comme son titre l'indique, d'étudier plus particulièrement qu'on ne l'a fait jusqu'à ce jour, les phénomènes physiques qui se manifestent dans les principaux cas de rupture des corps solides, pour déduire de cet examen, si la chose est possible, les causes de l'imperfection des théories connues, et prémunir ainsi contre les dangers de ces théories le constructeurs qui, n'ayant pas eu l'occasion de les vérifier, seraient portés à leur accorder une certaine confiance (Vicat 1833, 202)

Probabilmente in risposta allo scetticismo di Vicat contro le teorie in disaccordo con le esperienze e alla necessità di stimare il ruolo della «force transverse», nella seconda edizione del *Résumé* Navier aggiunge significativamente un nuovo paragrafo *De la rupture d'un solide prismatique d'une petite longueur* nel quale abbozza una trattazione teorica della resistenza a taglio che modifica quella data nell'articolo III, senza peraltro che quest'ultima venga esplicitamente smentita o rimossa. Con riferimento alla sezione d'incastro A di una mensola con sbalzo AM e sezione rettangolare di base b e altezza c Navier scrive che se la forza trasversale esterna P opera in prossimità dell'incastro, essa

ne tendra pas alors a fléchir la portion AM du solide mais elle tendra à séparer cette portion de celle qui est encastrée, et avant que cette séparation ne s'opère, les fibres qui unissent les parties prêtes à se disjoindre se seront allongées d'une certaine quantité ... et si nous désignons par l'allongement dans le sens vertical (supposé très-petit) des parties du solide placées dans la section transversale A, D un coefficient constant spécifique représentant la résistance du corps à un glissement d'une partie sur l'autre dans le plan de la section transversale, l'effort dont il s'agit sera représenté par . Nous écrirons donc ici pour équation d'équilibre et nous concevrons que la rupture aura lieu lorsque l'allongement aura pris une valeur telle qu'il entraîne la disjonction des parties du corps. (Navier 1833, 95–96)

Se invece la forza P è all'estremo libero distante a dalla sezione d'incastro A, all'equazione di equilibrio delle forze verticali si aggiunge l'equazione di equilibrio dei momenti esterno e interno

$$Pa = \frac{E}{\rho}\frac{bc^3}{12}$$

(Navier 1833, 97) connessa alla flessione, così che

lorsque le solide supportera sans rompre l'action du poids P, nous regarderons l'équilibre qui s'établit dans la section A comme étant exprimé par ces deux équations. Si la longueur du solide était presque nulle, on considérerait seulement la première. Si cette longueur était fort grande, on considérerait seulement la seconde. Dans les cas intermédiaires on les considérera toutes deux, et elles donneront respectivement les valeurs des quantités et exprimant respectivement le degré d'allongement des parties dans le sens vertical, et le degré de flexion qui ont lieu au point d'encastrement A. (Navier 1833, 97)

Sulla base di questa considerazione Navier perviene ad un criterio di rottura che, in accordo alla sua nuova interpretazione della deformazione trasversale, dovrebbe tener conto dell'azione combinata di taglio e flessione:

A l'égard de la rupture on remarquera que, conformément aux notions présentées dans le n°112 [e cioè che si ha rottura quando le fibre tese raggiungono un limite di estensione o quelle compresse un limite di contrazione] nous la regardons comme étant déterminée par un certain degré d'extension acquis par les parties du corps qui se trouvent le plus fortement tendues. Or il est visible qu'en supposant ici l'état de la section A conforme aux notions précédentes, les parties placées à la face supérieure du solide dans cette section se seront allongées par l'effet de l'abaissement vertical de la partie AM et de la flexion de cette partie, d'une fraction de leur longueur exprimée par

$$\sqrt{\delta^2 + \left(\frac{1}{\rho}\frac{c}{2}\right)^2} \text{ (Navier 1833, 97–98)}$$

Nel ragionamento di Navier questa relazione esprime la composizione vettoriale di due dilatazioni fra loro perpendicolari, l'una dovuta al taglio e l'altra alla flessione Sostituendo in essa i valori di δ e ρ tratti dalle due formule

$$P = D\delta\, bc \text{ e } Pa = \frac{E}{\rho}\frac{bc^3}{12},$$

Navier perviene all'espressione

$$\frac{P}{bc}\sqrt{\frac{1}{D^2}+\frac{36}{E^2}\frac{a^2}{c^2}}$$

della dilatazione composta che causa la rottura e deduce che il peso P in grado di rompere il solido è proporzionale all'espressione

$$\frac{bc}{\sqrt{\frac{1}{D^2}+\frac{36}{E^2}\frac{a^2}{c^2}}}.$$

Questa formula, conclude Navier

> satisfait aux cases extrêmes: si la longueur du solide est fort petite, on négligera le terme affecté du rapport, et la résistance à la rupture sera proportionnelle à; si cette longueur est fort grande par rapport à l'hauteur c, on négligera le terme, et la résistance sera proportionnelle à, comme l'indique l'expérience. Il est vraisemblable que, dans les cas intermédiaires, la formule dont il s'agit s'éloignera peu des effets naturels, lorsqu'on déterminera les coefficients constants $1/D^2$ et $36/E^2$ de manière à satisfaire à des résultats obtenus directement par l'expérience. (Navier 1833, 98)

È probabile che con questa revisione della sua precedente teoria sulla rottura a flessione (e taglio) Navier intendesse tacitamente replicare a Vicat e zittire le ragioni delle sue critiche.[5]

La resistenza a torsione secondo Navier

Anche lo studio della torsione, svolto nell'articolo V *De la résistance d'un corps prismatique à la torsion* e nell'articolo VI *De la résistance d'un corps prismatique à la rupture causée par la torsion*, rivela analoghi elementi d'incertezza sull'origine della resistenza offerta dalla materia a tale sollecitazione. Considerato un prisma a sezione circolare incastrato ad un estremo e soggetto a momento torcente all'altro estremo, Navier afferma che le sezioni si spostano ruotando intorno all'asse in proporzione alla distanza dalla sezione incastrata e descrive l'insorgere della resistenza nei seguenti termini:

> Par effet de ces déplacements, les molécules qui, dans deux sections transversales consécutives, étaient avant la torsion vis-à-vis les unes des autres, ont été éloignées l'une de l'autre d'une quantité proportionnelle, 1° à la distance de ces molécules à l'axe; 2° à la différence des angles parcourus par chaque diamètre dans deux sections transversales consécutives ... On peut penser, la torsion étant censée très-petite, que les résistances naissant des déplacements relatifs sont proportionnelles à ces déplacements. Le moment de résistance qui a lieu dans une section quelconque du solide, doit d'ailleurs être égal au moment du poids P».

In mancanza di una chiara comprensione dello scorrimento angolare già riconosciuta per la resistenza a taglio, attribuita a dilatazioni delle fibre in senso longitudinale nella prima versione dell'articolo III e in senso trasversale nel *Remarque* sopra discusso, anche per la torsione Navier sembra attribuire la resistenza ad una variazione della distanza delle molecole delle fibre longitudinali, anziché ad uno scorrimento che le fibre stesse subiscono rispetto al piano delle sezioni che ruotano intorno all'asse. In questo caso però l'imprecisione è solo linguistica perché i punti 1° e 2° sopra riportati implicano la formula corretta

$$G\frac{\theta}{a}\,d\varphi\,dr\cdot r^2$$

per il momento resistente rispetto all'asse, dove θ è la rotazione della sezione all'estremo libero, a la lunghezza del prisma, $d\varphi\ dr\cdot r$ l'area infinitesima, r la distanza di tale area dal centro della sezione e G «un poids constant ... représentant la résistance spécifique à la torsion» (Navier 1826, 72; 1833 100)[6].

Per quanto riguarda la rottura a torsione, Navier afferma che essa è raggiunta «quand les molécules qui se trouvent le plus éloignées les unes des autres ne peuvent l'être davantage sans se désunir» (Navier 1826, 76; 1833, 107), senza tuttavia specificare la direzione secondo la quale va cercata questa dilatazione massima. Assumendo al solito che il comportamento sia lineare sino a rottura e indicato con T «un poids exprimant la résistance à la torsion, rapportée à l'unité de surface, à l'instant où la rupture a lieu» e con r' il più grande valore della distanza r dall'asse, Navier perviene alla formula del momento resistente interno

$$\frac{TJ_0}{r'},$$

dove rappresenta il momento d'inerzia rispetto al baricentro della sezione trasversale.

L'intervento di Saint-Venant

È alla luce della precedente esposizione che occorre leggere l'intervento di Saint-Venant in relazione al suo magistrale tentativo di fondare una consistente teoria della trave e, allo stesso tempo, conciliarla con le risultanze sperimentali. Senza fare nomi ed entrare in polemica, sin dalle *Observations préliminaires* esposte nel primo breve ma illuminante capitolo del *Cours lithographiée* Saint-Venant afferma onestamente che

> loin de dissimuler les lacunes et les imperfections des théories existantes, on cherchera à les mettre en évidence. Si ces imperfections sont malheureusement nombreuses, cela vient de ce que la science appliquée est jeune et encore pauvre: avec ses ressources actuelles elle peut déjà rendre des grandes services, mais ses destinées sont bien plus hautes: elle offre un champ immense au zèle de ceux qui voudront l'enrichir, et beaucoup de parties de son domaine semblent même n'attendre que des efforts légers pour produire des résultats d'une grande utilité.
>
> On fera une dernière observation, c'est que la théorie sert encore à *indiquer des sujets d'observation*, ou à montrer les points sur lesquels les expériences doivent porter pour qu'on en puisse déduire les lois simples et calculer les forces élémentaires dont la combinaison compliquée produit les phénomènes. Si l'on peut bâtir beaucoup de théories creuses on peut faire, aussi, une multitude d'expériences inutiles: les expériences ne deviennent, ordinairement, lumineuses qu'après une première tentative de théorie, et une branche de connaissances n'avance guère que par les efforts simultanés de la théorie et de l'expérience (Saint-Venant 1837, 3)

Alla luce di questo maturo atteggiamento scientifico, percorriamo i passi salienti dell'opera di conciliazione perseguita da Saint-Venant nel *Cours*. Rispetto alle posizioni apparentemente antitetiche di Navier e Vicat, tale opera riguarda la formulazione di una consistente teoria della trave (per quanto non ancora nella versione completa messa a punto solo nelle memorie sulla torsione e la flessione dei prismi), con ufficiale introduzione dello scorrimento angolare ancora incerta in Navier e sua considerazione nell'ambito di un criterio di resistenza per massima dilatazione nel quale il parametro di confronto è rappresentato dalla resistenza permanente ritenuta da Vicat la sola realmente significativa nelle applicazioni.

Nello studio della trave soggetta a forza normale, momento flettente (non scomposto secondo gli assi principali d'inerzia), forza di taglio (anch'essa non scomposta lungo gli assi principali) e momento torcente, Saint-Venant introduce la dilatazione lineare δ in un punto generico M di una fibra longitudinale qualunque e lo scorrimento angolare g della fibra stessa rispetto alla sezione: ora, la dilatazione δ si compone della dilatazione della fibra δ_c passante per il baricentro C dovuta alla sola estensione e della dilatazione δ_v di una fibra generica passante per il punto M distante dall'asse di rotazione per C dovuta alla sola flessione, con δ_v variabile linearmente con la distanza v; similmente, lo scorrimento g si compone dello scorrimento g_c della fibra baricentrica dovuto alla sola forza di taglio e dello scorrimento g_v della fibra passante per il generico punto M distante r da C dovuto alla sola torsione, con variabile linearmente con g_v la distanza e diretto perpendicolarmente al raggio CM.

Introdotti i «coëfficients d'élasticité» E e G, definiti rispettivamente come il quoziente della forza per la dilatazione o per lo scorrimento che essa produce, Saint-Venant esprime le tensioni normali e tangenziali sull'areola $d\omega$ con le due formule $Ed\omega\delta$, di componenti $Ed\omega\delta_c$, $Ed\omega\delta_v$, e $Gd\omega g$, di componenti $Gd\omega g_c$, $Gd\omega g_r$. Tali tensioni, integrate sull'area della sezione in termini di forza normale e tangente alla sezione stessa e in termini di momento rispetto all'asse baricentrico e al baricentro stesso forniscono, per l'equilibrio con la forza esterna longitudinale P_l (forza normale) e trasversale P_t (forza di taglio) e con il momento trasversale (flettente) M_t e longitudinale (torcente) M_l le seguenti importanti formule $P_l = E\omega\delta_c$, $P_t = G\omega g_c$, $M_t = E\mu_t\delta_v/v$, $M_l = G\mu_l g_r/r$, dove ω è l'area della sezione e μ_t e μ_l sono i momenti d'inerzia assiale e polare (Saint-Venant 1837, 25, eq. (d')).

In base alle precedenti formule Saint-Venant ottiene per la dilatazione totale $\delta = \delta_c + \delta_v$ e per lo scorrimento totale

$$g = \sqrt{g_c^2 + g_r^2 + 2g_c g_r \cos\left(g_c^\wedge g_r\right)}$$

in un punto della sezione a distanza dall'asse baricentrico e a distanza dal baricentro le seguenti formule (Saint-Venant 1837, 25, formule (e'))

$$\delta = \frac{1}{E}\left(\frac{P_l}{\omega} + \frac{M_t}{\mu_t} v\right)$$

$$g = \frac{1}{G}\sqrt{\left(\frac{P_t}{\omega}\right)^2 + \left(\frac{M_l}{\mu_l} v\right)^2 \pm 2\,\frac{P_t}{\omega}\,\frac{M_l}{\mu_l}\, r \sin\left(P_t^{\wedge} r\right)}$$

Le due ultime relazioni sono il punto di partenza per formulare il criterio di resistenza della massima dilatazione concepito da Saint-Venant imponendo che tale dilatazione sia minore o al più uguale alla dilatazione che produrrebbe rottura «à la longue», cioè la dilatazione associata alla resistenza permanente nel senso di Vicat. A tal fine, facendo propria l'annotazione di Navier per la quale le formule lineari della resistenza dei materiali sono valide finché l'elasticità non è alterata, ciò che è ritenuto valido nei limiti della resistenza permanente, Saint-Venant introduce le seguenti grandezze di tensione e deformazione:

> R_0 la force qui, sans le rompre, ni sans lui ôter immédiatement son élasticité [del prisma], y produirait une dilatation capable d'altérer sa cohésion à la longue; cette dilatation;
>
> R'_0 la force capable d'altérer à la longue, et non immédiatement, par compression, l'élasticité et la cohésion de cette matière, par mètre carré de section; la contraction correspondante;
>
> T_0 la force qui sans le rompre ni l'altérer immédiatement de cette manière, amenerait ces effets après un temps plus ou moins long; le *glissement* qu'elle produit (Saint-Venant 1837, 19)

dove $\Delta = R_0 / E$, $\Delta' = R'_0 / E$ e $\Gamma = T_0 / G$. Il criterio della dilatazione massima nel rispetto delle resistenze permanenti richiede di ricercare anzitutto tale dilatazione massima nel caso di compresenza di tutte le sollecitazioni e di comparare tale dilatazione con i valori $\Delta = R_0 / E$, $\Delta' = R'_0 / E$.

Indicando allora con δ_g la dilatazione nella direzione del «glissement transversal principal» g, i valori della «plus grande ou plus petite dilatation ou contraction», da confrontare con quelli di riferimento, sono dati dalla formula

$$(\text{k'})\text{: } \frac{}{}\left(\delta + \delta_g\right) \pm \sqrt{\left(\delta - \delta_g\right)^2 + g^2}.$$

Negli esempi è adottata un'espressione semplificata delle massime deformazioni, ottenuta ponendo $\delta_g / g = -1/4$ e $E/G = 5/2$, che porta alla condizione (m'):

$$\Delta_0, \Delta'_0 \geq \left| \frac{3}{8}\,\delta \pm \frac{5}{8}\sqrt{\delta^2 + \frac{16}{25}\,g^2} \right|$$

la quale, in termini di resistenze permanenti, assume la forma (n') che rappresenta la condizione di stabilità per un corpo isotropo

$$R_0, R'_0 \geq \left| \frac{3}{8}\,E\delta \pm \frac{5}{8}\sqrt{\left(E\delta\right)^2 + 4\,(Gg)^2} \right|$$

Questa equazioni (n') è

> «l'équation la plus générale de non altération de la cohésion d'une pièce solide homogène ... Il faut, pour s'en servir, chercher, sur chaque section, les deux points où la quantité exprimée dans le 2[e] membre a les plus grands valeurs positive et négative, et prendre dans la pièce les plus grandes de toutes pour les comparer, l'une à R_0, l'autre à $-R'_0$» (Saint-Venant 1837, 27)

NOTAS

1 In merito a tale condizione Saint-Venant attribuirà a Navier il primato di averla per primo introdotta nello studio della flessione nel corso tenuto all'École des Ponts et Chaussées nell'anno 1824, dopo aver erroneamente espresso la posizione dell'asse neutro in termini di uguaglianza dei momenti delle tensioni normali nelle lezioni litografate del 1819. Saint-Venant si riferisce a queste lezioni litografate per segnalare che, dopo un iniziale errore sulla posizione dell'asse neutro e sul valore del momento resistente nel caso di trave inflessa, Navier «la rectifia dans son premier cours de l'école des ponts et chaussées en 1819. On y voit qu'il donna alors, pour le moment total des résistances des fibres, une expression exacte, la ligne des fibres invariables étant supposée connue; mais que, comme Duleau, il déterminait encore cette ligne en posant une équation fausse entre le moment total des résistances des fibres allongées et le moment total des fibres accourcies, moments qui sont bien loin d'être égaux dans les pièces à base de triangule, de trapèze, de T simple etc. Ce n'est que dans son cours de 1824, imprimé et distribué par feuilles la même année, et publié en 1826 ... que toute erreur de ce genre fut corrigée, et que Navier, seul entre tous les auteurs, détermina la ligne que traversent les fibres invariables sur des sections de toute forme, en

égalant entre elles, non plus le deux sommes des moments, mais les sommes des résistances elles-mêmes des fibres tendues et des fibres pressées. D'où il déduisit, le premier aussi, le principe simple du passage de cette ligne par le centre de gravité de la section lorsque la matière est d'égale contexture dans toute son étendue, et qu'on se tient dans les limites de la conservation de la contexture, ou comme on dit, de l'élasticité, ou plutôt tant que les efforts restent proportionnels aux effets. Dans ce même remarquable cours de 1824, dont nous avons été un de ses auditeurs, et qui fit faire à cette branche de la Mécanique un pas considérable, Navier rattacha plus franchement et complétement que n'avaient fait ses prédécesseurs, la théorie de la résistance des solides à celle de l'élasticité, ou celle de la rupture par flexion à celle de simple flexion sans rupture» (Navier 1864, civ dell'Historique abrégé di Saint-Venant)

2. Nella seconda edizione del 1833 Navier aggiunge la seguente osservazione: «Il est nécessaire d'ailleurs que l'épaisseur du corps soit petite par rapport à sa longueur pour que les allongements et accourcissements des fibres, et les forces intérieures qui en résultent, soient telles qu'on le suppose ici; et les résultats suivants ne peuvent être appliqués lorsque cette condition n'est pas satisfaite» (Navier 1833, 46). In merito a queste forze verticali e al loro contributo al momento Saint-Venant osserverà, nella terza edizione del *Résumé*: «Ces forces verticales dont la somme ... égale le poids *P*, se compensent d'ailleurs, quant au *moment*, comme tendant à faire tourner également dans les deux sens. Il n'en faudra pas moins tenir compte (voyez notes des n.os 152 à 155), soit dans le calcul complet de la flèche ou ordonnée extrême, soit dans l'équation exprimant la condition de non-rupture, des glissements qui *engendrent* ces forces»
3. Navier non usa il simbolo J lasciando l'espressione del momento d'inerzia sotto forma di integrale che calcola per i vari casi di sezione considerata. La quantità è indicata da Navier col simbolo e chiamata *moment d'élasticité* nell'edizione 1826 e *moment de la résistance à la flexion* o più semplicemente *moment de flexion* nell'edizione 1833, pur non essendo dimensionalmente un momento. Nella terza edizione del *Résumé* Saint-Venant propone il nome di *moment de flexion* per la quantità EJ/ρ (Navier 1864, 32).
4. Navier indica con scelta impropria il *moment de rupture* con la lettera già usata per il raggio di curvatura. Nella terza edizione del *Résumé* Saint-venant usa il simbolo r al posto di ρ (Navier 1864, 88).
5. Nella terza edizione del *Résumé* Saint-Venant scrive al riguardo della nuova trattazione di Navier sul taglio: «Dans ce que dit ici Navier et qui a été évidemment improvisé, on voit qu'il envisage le glissement relatif des deux portions d'un prisme situées de part et d'autre d'une des sections transversales supposées verticales, comme dû à de certaines allongements verticaux de fibres horizontales qu'il ne définit pas, quoiqu'il les regarde, au n.154, comme susceptibles de se composer, à la manière des forces ou des petits déplacements rectangulaires, avec les allongements horizontaux dus à la flexion. Mais les deux notes ajoutées par lui, aussi en 1833, au n.159 relatif à la torsion, et au n. 167 relatif à la rupture par torsion prouvent, par leurs conclusions relatives aux valeurs des coefficients numériques, qu'il envisageait quelquefois les choses d'une autre manière, en rapport avec ce que nous allons en dire en l'appliquant au glissement sans torsion» (Navier 1864, 189).
6. Le notazioni qui usate sono quelle dell'edizione 1833. In merito all'inesatta descrizione data da Navier, nell'edizione annotata del *Résumé* Saint-Venant scrive: «Il ne faut pas croire, d'après ce que semble dire d'abord Navier, que les résistance intérieures développées sont dues à l'éloignement mutuel ou à l'augmentation de distance des molécules qui faisaient partie d'une même file longitudinale; on voit que c'est, en définitive, à l'éloignement de leurs projections sur un plan perpendiculaire à l'axe qu'il regarde chaque résistance partielle à la torsion comme proportionnelle» (Navier 1864, 189).

Lista de referencias

Aita, D.; F. Foce. 2006. Saint-Venant e l'*Art de l'ingénieur*. Un primo studio critico delle *Leçons de mécanique appliquée (1837–1838)*. In Buccaro, A. et al. (eds.). *Atti del I Convegno Nazionale di Storia dell'Ingegneria (Napoli, 8–9 marzo 2006)*. Vol. 1, 291–302. Napoli.

Benvenuto, E. 1998. «Adhémar-Jean-Claude Barré de Saint-Venant: the Man, the Scientist, the Engineer», *Atti dei convegni lincei, 140. Giornata lincea Il problema di de Saint-Venant: aspetti teorici e applicativi (Roma, 6 marzo 1997)*. Acc. Naz. dei Lincei, Roma, 7–34.

Cauchy A.-L. 1823. «Recherches sur l'équilibre et le mouvement intérieur des corps solides ou fluides, élastiques ou non élastiques». *Bulletin des sciences par la Société Philomatique de Paris*, 9–13; letto all'Académie Royale des Sciences il 30 settembre 1822.

Foce, F. 2008. «Saint-Venant prima del "problema di Saint-Venant". Studi sulla resistenza dei materiali nel periodo 1837–1853». In D'Agostino, S. (ed.). *Atti del II Convegno Nazionale di Storia dell'Ingegneria (Napoli, 7–9 aprile 2008)*. Vol. 1, 551–562. Napoli.

Foce, F. 2009. «Unpublished Saint-Venant. Studies of structural mechanics (1837–1853)». In Kurrer K.-E., Lo-

renz W., Wetzk, V. (eds.). *Proc. of the Third Int. Congress on Construction History (Cottbus, 20–24 May 2009)*. vol. 2, 619–626.

Girard, P.-S.; G. Riche de Prony; Ch. Dupin. 1827. «Rapport sur un Mémoire de M. Vicat, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, concernant la rupture des corps solides». *Annales de chimie et de Physique*, 34, 96–100.

Girard, P.-S.; G. Riche de Prony. 1833. «Rapport de MM. De Prony et Girard», à l'Académie des sciences, sur un mémoire de M. Vicat (Résistance des matériaux), *Annales des ponts et chaussées*, 293–304 (fait à l'Académie, le 16 septembre 1833, Girard rapporteur).

Navier, C.-L.-M.-H. 1819. *Sommaire (lithographié) des leçons de mécanique appliquée données à l'École des Ponts et Chaussées*, 1819–1820.

Navier, C.-L.-M.-H. 1827. «Mémoire sur les lois de l'équilibre et du mouvement des corps solides élastiques». *Mémoires de l'Institut National*, vol. 7, 375–393. Letto all'Académie des Sciences il 14 maggio 1821 ed apparso in estratto sul *Bulletin des sciences par la Société Philomatique de Paris*, 177–181, 1823.

Navier, C.-L.-M.-H. 1826. *Résumé des leçons données à l'École Royale des Ponts et Chaussées sur l'application de la mécanique à l'établissement des constructions et des machines*. Paris: Firmin Didot.

Navier, C.-L.-M.-H. 1833. *Résumé des leçons données à l'École des Ponts et Chaussées sur l'application de la mécanique à l'établissement des constructions et des machines*. Paris: Carilian-Goeury (II ed.).

Navier, C.-L.-M.-H. 1864. *Résumé des leçons données à l'École des Ponts et Chaussées sur l'application de la mécanique à l'établissement des constructions et des machines, avec des Notes et des Appendices par M. Barré de Saint-Venant*. Paris: Dunod (III ed.).

Prony, G. Riche de. 1837. «Notice biographique sur M. Navier». *Annales des Ponts et Chaussées*, 1–19.

Saint-Venant, A.-J.-C. Barré de. 1837. *Cours de mécanique appliquée fait à l'Ecole des Ponts et Chaussées, 1837–1838, par M. de St-Venant*.

Vicat, L. 1833. «Recherches expérimentales sur les phénomènes physiques qui précèdent ou accompagnent la rupture ou l'affaissement d'une certaine classe de solides». *Annales de ponts et chaussées*, 201–268.

Origen de la bóveda tabicada

Manuel Fortea Luna

La bóveda tabicada parece un asunto escurridizo en lo que a su estudio y análisis se refiere. Difícil de explicar, difícil de encontrar sus orígenes, difícil de predecir su comportamiento, difícil de adivinar su funcionamiento. El propósito de esta disertación es profundizar exclusivamente en la búsqueda de sus orígenes dejando el resto para otra ocasión.

Algunos se han atrevido a señalar el nacimiento de la bóveda tabicada atendiendo exclusivamente a algún pequeño indicio, bien de orden documental o arqueológico, pero el asunto es un poco más complejo. En principio hemos de convenir que la bóveda tabicada, por sus características propias no puede provenir de lugares fríos y húmedos donde el yeso es un material extraño e inusual. Igualmente y por las mismas razones, tampoco puede provenir de lugares donde desconozcan la construcción sin cimbra. Y ésta es una técnica que no surge por generación espontánea, es suficientemente depurada y compleja de concepto como para no aceptar un nacimiento repentino producto de una idea feliz de un iluminado. Al contrario su nacimiento es la culminación de un proceso evolutivo en el que se han ido sorteando paulatinamente los obstáculos planteados.

El proceso evolutivo de la bóveda tabica bien podría haber sido el siguiente: Partimos de una técnica de construcción de bóvedas de fábrica de ladrillo sin cimbra, que tiene su cuna en Mesopotamia. En un lugar donde se tuviera conocimiento y dominio del yeso es fácil imaginar que se tratara de aprovechar las ventajas de este material con el objeto de economizar recursos, tanto humanos (por necesitar menos tiempo de mano de obra) como materiales (por necesitar menos números de ladrillo). Es decir surge la bóveda tabicada como la versión optimizada de la bóveda de rosca. En Extremadura podemos encontrar las mismas bóvedas en versión «bóveda de rosca» y en versión «bóveda tabicada» (Fortea Luna y López Bernal 1998).

Las bóvedas tabicadas siempre han sido elementos «baratos» de poca «dignidad arquitectónica», por lo que siempre han necesitado estar revestidas y adornadas, a excepción de los espacios de segunda o tercera categoría como instalaciones agropecuarias o industriales. En España han convivido con naturalidad las bóvedas de rosca con las tabicadas, siempre dando por sentado que aquellas son de una clase superior. Las bóvedas de rosca tienen la consideración ante el público en general (tanto experto como neófito) de ser superior a las tabicadas en resistencia, en durabilidad, en costo, y consecuentemente en consideración social. Un punto de vista que no se corresponde con la realidad. La bóveda tabicada es un refinamiento tecnológico y conceptual y por ello la dificultad de su aprehensión.

Elementos fundamentales de la bóveda tabicada

La bóveda tabicada tiene dos características definitorias, una la construcción sin cimbra, la segunda es la utilización del mortero de yeso. Una tercera, también

definitoria aunque no singular, es la utilización del ladrillo. Ladrillo. Yeso. Construcción sin cimbra. Estas tres cuestiones nos deben de conducir a su origen. Dicho de otra manera, no conseguiremos descubrir su origen si olvidamos sus características esenciales. Empezando por la última, la construcción sin cimbra, la bóveda tabicada ha de surgir donde ya exista la cultura y el conocimiento de la construcción de bóvedas sin cimbra, y no conocemos otra tipología de esta técnica más que las mesopotámicas y sus derivadas. En segundo lugar la bóveda tabicada no pudo nacer en un lugar que no se conociera el yeso, tanto su producción como su utilización. En tercer lugar la bóveda tabicada necesita obligatoriamente la concurrencia de la cerámica, del ladrillo, aunque el conocimiento de esta tecnología es fácil encontrarlo casi en cualquier sitio.

Su origen debe estar donde exista cultura y conocimiento de las tres, es decir de construcción de bóvedas sin cimbra, de utilización profusa del yeso y de fabricación de ladrillo que no es más que cerámica cocida. El punto de origen para las construcciones abovedadas sin cimbra es Mesopotamia, ni siquiera Bizancio. La cultura que mas dominio ha demostrado sobre el yeso ha sido la árabe o islámica. La cerámica es una tecnología común y muy extendida. El punto donde confluyeron las dos primeras en un momento remoto de la historia es la península ibérica sobre todo en el levante de la España musulmana.

Choisy (1883) nos enseña como los mesopotámicos inician su evolución hacia las estructuras de fábrica interponiendo piezas cerámicas entre las dovelas pétreas, absorbiendo con aquellas la junta en forma de trompa y evitando el tener que labrar las piezas. Con este método todas las dovelas son iguales, paralepipédicas, evitando el complicado corte de la piedra, sustituyendo la montea por la albañilería. Esta tecnología de fábrica evolucionó, como todas, hacia una mejora de resultados y hacia la simplificación de ejecución. Fueron los mesopotámicos los que descubrieron la innecesariedad de colocar los ladrillos con juntas radiales en un arco, observando que cuanto más horizontales los colocaban mejor se sostenían durante su ejecución hasta el punto de no necesitar ningún elemento de sustentación auxiliar. A partir de aquí el aparejo venía determinado por las condiciones de ejecución y no por otras cuestiones, máxime cuando la fábrica estaba destinada a ser revestida. El mudéjar cuando labra un arco con cimbra no coloca las juntas radiales, en este caso las sitúa más verticales, facilitando la ejecución de los arranques en los muros, consiguiendo juntas más homogéneas y las formas caprichosas en el centro del mismo.

El yeso es una sustancia que se encuentra en algunos lugares de la naturaleza. Químicamente es un sulfato cálcico hidratado. Cocido a temperaturas moderadas pierde las dos moléculas de agua, y triturado posteriormente se convierte en un polvo que tiene la propiedad de endurecerse con cierta rapidez cuando se mezcla con agua. En España el yeso es abundante sobre todo en el Levante, desde Castellón hasta Almería, donde se encuentra en forma de cristales. Se ha venido utilizando desde hace mucho tiempo. Por ejemplo en las obras realizadas en la Alhambra bajo el reinado de los Reyes Católicos se utilizaron tres tipos de yeso, «yeso de Gabia», «yeso para la yesería» y «yeso en piedra» (Malpica Cuello y Bermúdez López).

El ladrillo es uno de los materiales de construcción más antiguos que se conocen. Su fabricación más rudimentaria consiste en arcilla simplemente amasada, secado en rejales, y cocción en piras apilados con el combustible. Desde fines del neolítico, la población mesopotámica hizo amplio uso del adobe y del ladrillo. Los caldeos y asirios utilizaron losetas de arcilla concha para proteger los tapiales. En uno de los primeros lugares que aparece el ladrillo es en la pavimentación y la construcción de bóvedas (tumbas de la III dinastía Ur). El ladrillo vitrificado apareció en el I milenio a. J.C. en Babilonia. Los arquitectos musulmanes de Siria hicieron uso del ladrillo desde fines del periodo Omeya. La expansión del Islam supuso una paralela difusión de la técnica constructiva en ladrillo.

Philippe Araguas

No muchos autores se han atrevido a datar el nacimiento de la bóveda tabicada, o al menos fechar tempranos ejemplares. La dificultad es doble, por la ausencia de documentación escrita y la escasa información que aportan las pruebas arqueológicas. De la documentación escrita solo podemos esperar encontrar noticias de su existencia, pero no encontraremos un libro de texto donde se explique y enseñe un oficio como el de construir bóvedas. La ciencia y el conocimiento de cualquier arte estaban guardados secreta y celosamente por los gremios, y no será hasta

el renacimiento que dichos conocimientos se divulguen en escritos y tratados traspasando las fronteras gremiales.

George R. Collins dice que la referencia más antigua de la que dispone es la de «una carta de Martin I el Humano a principios del siglo XV, que trata de la construcción de la Capilla Real de la catedral de Barcelona» (Collins 2001). Philippe Araguas data el nacimiento de la bóveda tabicada en 1.382, entendiendo el término desde un punto de vista arqueológico, basado en un documento del rey D. Pedro de Aragón, donde se describe el descubrimiento de una nueva técnica como «una manera de trabajar con el yeso y el ladrillo más provechosa, más ligera y de poco peso». El documento tiene forma de carta dirigida a un tal Merino firmada por el propio rey en Algeciras el 22 de junio de 1382 (Araguas 1998, 135). Nuevos hallazgos documentales permiten aportar información sobre bóvedas tabicadas realizadas en la capilla de los Jofre del Convento de Santo Domingo de Valencia en el mismo año, realizada por el maestro Juan Franch (Gómez-Ferrer 2008, 138). Ambos hechos tienen lugar bajo el reinado de Pedro IV de Aragón, y en sus dominios.

El rey Pedro IV de Aragón cuando escribe desde Algeciras en 1382, está ante una ciudad que había sido incendiada, arrasada aniquilada y abandonada solo tres años antes. Presumiblemente se encontraría en estado lamentable y parcialmente en proceso de reparación o reconstrucción, pero lo que no sería momento es de presenciar alguna construcción lujosa o espectacular. Por tanto lo que se podría observar allí en aquel momento es una tecnología muy estándar y muy conocida.

D. Leopoldo Torres Balbás

El discurso de Araguas nos ha llevado hasta Algeciras, perteneciente al reino nazarí en la época de Mohamed V de Granada, bajo cuyo mandato fue construido el Patio de los Leones de la Alhambra.

Araguas reconoce que «subsiste una duda (sobre su teoría) por la existencia de la pequeña capilla de Aznalcóllar de Sevilla, parcialmente arruinada, que presenta una cúpula con los ladrillos colocados de plano», indicando que este caso de Sevilla «es la única manifestación precoz de esta técnica en el otro gran país del ladrillo que es Andalucía» (Araguas 1998, 135). Efectivamente la teoría de Araguas, consistente en situar en el reinado de Pedro IV de Aragón el nacimiento de la bóveda tabicada, estaba amenazada por la existencia de la cúpula tabicada de Aznalcóllar de Sevilla. La teoría de Araguas se desmorona al penetrar en territorio andalusí, el otro gran país del ladrillo según sus propias palabras. El caso de Aznalcóllar no es un caso aislado, junto a ella, y del mismo tipo, se pueden citar la iglesia de Nuestra señora del Valle de Palma del Condado, la ermita de Gelo en Benacazón, y las parroquiales de Hinojos y Gerena, solamente dentro de la provincia de Sevilla (Torres Balbás 1981, 287).

Pero volvamos al imperio nazarí en tiempos de Mohamed V, tiempos brillantes para la Alhambra. Hablar de la Alhambra de Granada es imposible sin recurrir a D. Leopoldo Torres Balbás (Muñoz Cosme 2005). En la Alhambra, los ricos decorados de las viviendas palatinas le roban protagonismo a otras piezas arquitectónicas. La utilización de bóvedas de ladrillo dentro de la zona palacial se limita casi exclusivamente a los baños, mientras que en la zona militar su empleo fue generalizado. Para D. Leopoldo Torres Balbás uno de los tipos mas interesantes de tales bóvedas es el de gallonadas, de las cuales «existen tres ejemplares poco divulgados: dos, en la Puerta de las Armas, y uno en una torre situada al sur del Patio de los Leones, en la salida de éste al Partal ... La primera bóveda agallonada bajo la que se pasa es una cúpula sobre cuatro trompas de semibóveda de aristas, que cubre un espacio cuadrado de 3,15 m. De esta planta octogonal se pasa a otra de 16 lados, de los que arrancan otros tantos gallones que forman la cúpula y se encuentran en arista viva. La cúpula está recubierta de un enlucido de yeso pintado de rojo imitando el despiece del mismo material» (figura 1).

> La segunda cúpula gallonada de la Puerta de Armas cubre igualmente un espacio cuadrado de 3,15 m, solo que ésta es de ocho gallones (figura 2).
>
> La tercera cúpula gallonada, inmediata al Patio de los Leones, cubre un espacio cuadrado de 4,20 m, a una considerable altura. Se trata de una torre por la que se accede a los nuevos jardines del Partal, donde se construyó una cúpula gallonada semejante a la descrita en primer lugar» (figura 3).

Las aristas vivas que separan los gallones parecen hechas de ladrillo de plano. «Parece indudable que su

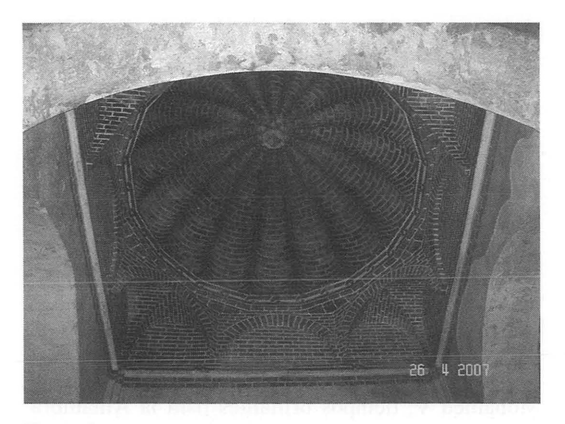


Figura 1
Bóveda gallonada de la Alhambra. Puerta de las Armas

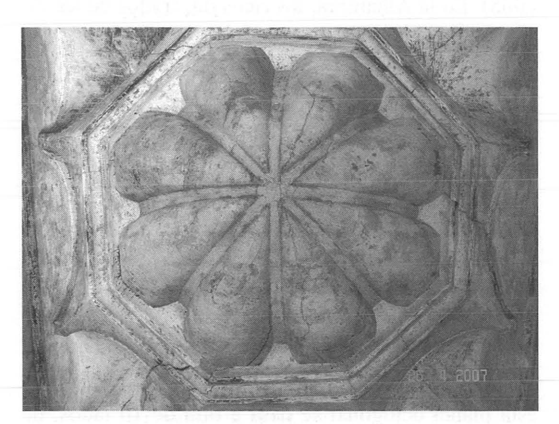


Figura 2
Bóveda gallonada de la Alhambra. Puerta de las Armas

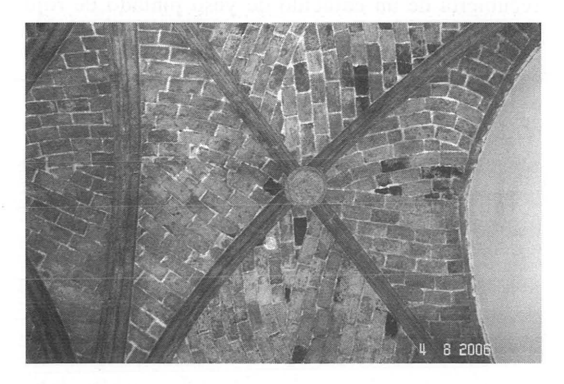


Figura 3
Convento de Santo Domingo. Valencia. Bóveda de una de las capillas

construcción es anterior a la del Patio de los Leones, obra de Muhammad V (1354–1391)... Tal indicio nos lleva a suponerlas construidas en la primera mitad del siglo XIV» (Torres Balbás 1981, 34).

Si damos crédito a D. Leopoldo Torres Balbás, y admitimos que los ladrillos están colocados de plano, estamos ante una bóveda tabicada. Encontramos bóvedas gallonadas en la segunda mitad siglo X en la Mezquita de Córdoba (961–969) y en varias iglesia mozárabes. En el siglo siguiente, en el mihrab del oratorio de la Aljafería de Zaragoza. En el XII en la mezquita de Tremecen. Cúpulas gallonadas encontramos en Zamora, Salamanca, Toro o León, pero donde abundan mas en número es en Andalucía y Extremadura, baste nombrar la de la iglesia de Lebrija o la del Convento de las Clarisas en Zafra.

Las influencias sirias, y consecuentemente mesopotámicas, eran frecuentes en la España musulmana, siendo sus puntos de entrada más importante los puertos de Almería y Málaga. Esas influencias eran de diferente género, tanto de importación de tecnología y modas, como de transferencias comerciales en ambas direcciones. No obstante, el sur del levante peninsular ya había tenido relaciones con Oriente en épocas pasadas. El imperio Bizantino no consolidó su presencia en Hispania, pero si dejó varios gérmenes de su cultura y conocimiento que arraigaron con profundidad y dieron sus frutos. Uno de ellos fue la construcción de bóvedas de ladrillo, tanto en su técnica de construcción sin cimbra, (precursoras de las bóvedas tabicadas) como en la morfología de las bóvedas gallonadas, herederas de la cúpula central de Santa Sofía que en realidad es una bóveda gallonada de 40 elementos.

Al Idrisi

Si Araguas nos había conducido hasta Algeciras a finales del siglo XIV, D. Leopoldo Torres Balbás nos ha llevado por una senda de pesquisa hasta abandonarnos en Pechina en el siglo IX. Hasta ahora han sido textos cristianos los que nos han ayudado a seguir la pista de la bóveda tabicada, a partir de este momento será imprescindible recurrir a textos árabes de la España musulmana que nos den luz sobre el tema que nos ocupa. Parece que el lugar mas indicado para encontrar referencias escritas es bucear en la geografía.

En el siglo XII aparece Al ldrisi, el primer y mayor geógrafo hispano-musulmán que describe la Península en su totalidad. Abû 'Abd Alláh Muhammad b. Abd Allah b. Idris al-Sarif nació en Ceuta el año 1099, a mediados del siglo XII, en época almorávide, conoció en su decadencia la antigua capital califal, donde acabó sus estudios (Muñoz Cosme 2005). En el año 1138, tras su traslado a la corte de Palermo por invitación del rey Roger II de Sicilia (1121–1154), inició la redacción de su obra geográfica titulada Nuzhat al-Muπtâq, y, cuando murió su señor, continuó sus investigaciones científicas bajo el patrocinio del nuevo monarca Guillermo (1154–1166), muriendo en el año 1164. Lo concerniente a la España de entonces se encuentra en el llamado Cuarto clima. Al Idrisi terminó su obra geográfica en 1154.

De los escritos de Al Idrisi nos interesa justamente donde nos dejó D. Leopoldo Torres Balbás, Pechina y por extensión Almería. Al Idrisi nos muestra una Almería industriosa, comercial y rica (Al Idrisi). En su descripción de la ciudad, que como ya se ha dicho anteriormente no son muy extensas, se detiene de manera sorprendente, singular y directa al yeso, a las canteras de Alhama, a su producción, su uso y comercialización. Todo el esplendor de Almería que cuenta con tanto fervor y entusiasmo el cronista, (970 paradores, mas de 800 talleres de tejidos, etc.) se vuelve desolación en el último párrafo. Es de suponer que su momento mas álgido se situara unos años o décadas anteriores a esta crónica.

Valencia: Convento de Santo Domingo

A partir del siglo XV es relativamente fácil encontrar vestigios e incluso ejemplares de bóvedas tabicadas. Collins fijaba en el principio de este siglo el conocimiento de su existencia, al menos documental. El límite de nuevos rastreos estaba fijado justo ahí, y es a partir de esa frontera donde hemos empezado a indagar. El primer caso que hemos encontrado es el convento de Santo Domingo de Valencia, un edificio del siglo XIV, que tras diversas reformas, ampliaciones y adaptaciones, hoy alberga un complejo de instalaciones administrativas militares. Ya se ha comentado anteriormente la existencia de documentación que permite datar la construcción de dicho convento en en el año 1382, y más concretamente poder afirmar que se trata de bóvedas tabicadas por el término contenido en el texto «vueltas de ladrillo doble de plano». El documento se refiere a una capilla, adosada al ala este del claustro, en la misma donde está la sala capitular (Magnifico ejemplar de bóvedas con plementería de rosca de ladrillo).

En algunas de las capillas anejas al claustro se puede apreciar con claridad el sistema constructivo del sistema abovedado empleado: Unos nervios de piedra cuyas plementerías se rellenan con bóveda tabicada. Por la disposición de las hiladas de los ladrillos se puede afirmar con tranquilidad que el operario no dominaba la técnica, va rellenando el espacio como puede sin ningún orden ni criterio en la dirección de las hiladas, produciendo juntas desiguales y alocadas. Esto no tiene ninguna trascendencia en la estabilidad de la estructura, que se mantiene igualmente segura independientemente de la homogeneidad de las hiladas, pero si pone en evidencia, además de la inexperiencia del operario, la voluntad inicial de no dejar vistas estas fábricas, es decir, estaban construidas para ser revestidas posteriormente, no permitiendo descubrir estas pequeñas mezquindades en una obra de prestancia y dignidad.

Justo en el rincón del Claustro del Convento de Santo Domingo, se observa como el inicio de la plementería sobre el nervio de esquina, se realiza con fábrica de rosca, para cambiar a bóveda tabicada a partir de cierta altura (figura 4).

Podría ser éste el punto crítico del inicio de la utilización de esta técnica en este edificio. El resto de las pandas y las capillas son de bóvedas tabicadas, la sala capitular es de bóveda de rosca. Sea o no el punto crítico, lo cierto es que en este edificio se mantuvo el sistema estructural, nervios de piedra con plementería de ladrillo, cambiando la fábrica de ladrillo de rosca a tabicada, pero manteniendo el concepto gótico de crucería.

Granada: La Alhambra

La primera constancia que se tiene de la Alhambra es del siglo IX, denominada al Qal'a al-Hamra (el castillo rojo), es cuando Sawwar ben Hamrun se refugia en ella en 889. Con Mohamed III (1302–1309) se trazaron las líneas maestras de organización general o distribución. Yúsuf I (1333–1353) y Mohamed V (1353–1391) representan el periodo de mayor brillantez.

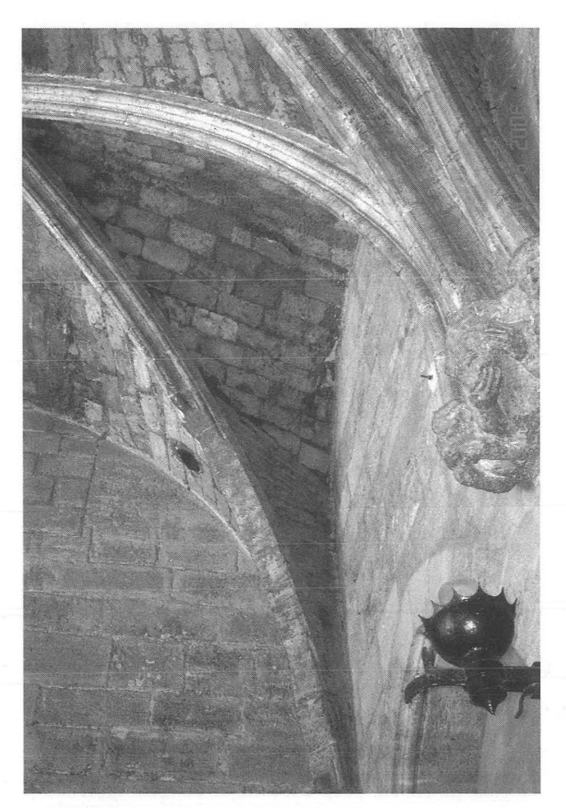


Figura 4
Convento de Santo Domingo. Valencia. El inicio de la plementería está ejecutado a rosca, el resto tabicado

D. Leopoldo Torres Balbás hablaba de tres bóvedas gallonadas, una de ellas situada en las proximidades del patio de los leones y las otras dos en la Puerta de Armas. La primera la databa en la primera mitad del siglo XIV por entender que debía haber sido construida con anterioridad al reinado de Mohamed V, no pronunciándose sobre la datación de las otras. La Puerta de Armas, ya conocida con este nombre desde finales del siglo XV, era la entrada que comunicaba la fortaleza con la ciudad. De tres plantas, además de las bóvedas de gallones contiene otras bóvedas. Sabemos que la construcción de la Puerta de Armas es de finales del siglo XIII.

Dos de las bóvedas gallonadas de la Alhambra son de 16 gallos. Sobre los chaflanes de las esquinas se construyen 4 semibóvedas de aristas, pasando de una base cuadrada a otra octogonal, y unos vuelos superiores realizan la transformación a un polígono de 16 lados. Está revestida con un revoco imitando el ladrillo visto. Esta técnica es frecuente en la arquitectura hispano musulmana; por un lado se reviste el ladrillo, entendiendo que la fábrica desnuda no es apta para ser vista por razones técnicas, y por otro en ausencia de decoraciones mas ostentosas, se recurre a una imagen sencilla y neutra como es la imitación a la fábrica de ladrillo, eso si de líneas perfectas y tratamiento homogéneo. La tercera bóveda gallonada perteneciente a la Puerta de Armas es de tan solo 8 gajos, y sus nervios, más poderosos de sección, arrancan del punto medio de los lados de la base en lugar de los vértices, arrancan del vacío al igual que las mukarnas.

AZNALCÓLLAR: LA ZAWIYA

Aznalcóllar es un pueblo perteneciente al área denominada Aljarafe de la provincia de Sevilla. Dicha zona da al monte Aljarafe (al-Saraf) de donde recibe el nombre. En época musulmana Aljarafe era un distrito de la «Cora de Sevilla». Con la caída del Califato en 1035 Sevilla adquiere la soberanía, convirtiéndose en el reino de taifa más poderoso. Aznalcóllar en ese tiempo fue una población, menor con una pequeña edificación militar, formando parte de la línea defensiva de todo el Aljarafe, como protección del núcleo principal que era Sevilla. En 1224, el Aljarafe es atacado por tropas leonesas y los castillos del Aljarafe son tomados por el disidente gobernador de Sevilla 'Abd Allah al-Bayyasi, aliado de Fernando III. Con esta derrota, declina finalmente el dominio almohade en el Reino de Sevilla.

La Capilla del Cementerio formaba parte de una edificación de mayor entidad hoy desaparecida Un estudio reciente, aún sin confirmar, afirma que se trata de un edificio islámico denominado «Zawiya», que era destinado a fines religiosos y levantado en torno a una tumba venerada de un «Santón» (en árabe waliya o sahid) que residía allí cuando vivía o de algún fundador de órdenes religiosas.

Tuve la oportunidad de visitar esta capilla en agosto de 2006, justo cuando la Escuela Taller de esa localidad estaba realizando unas obras de restauración de la bóveda. Acompañado por la directora Dña. Manuela Serrano y aprovechando que estaban los andamios colocados, subimos por ellos hasta tocar con las

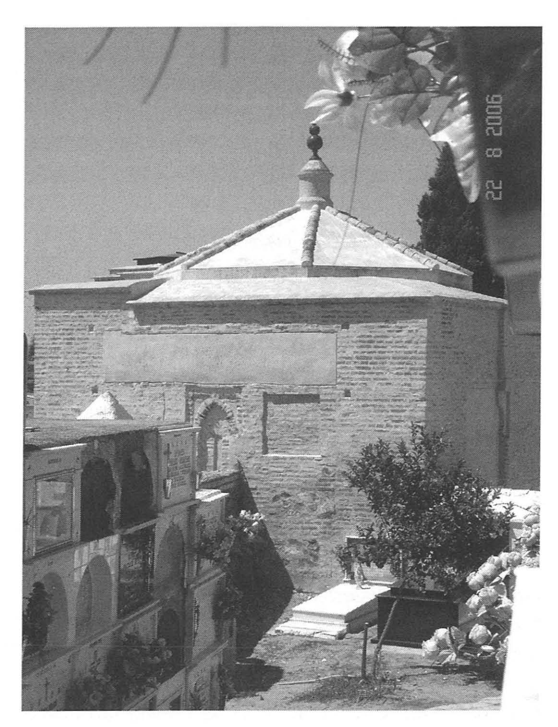


Figura 5
Capilla del cementerio de Aznalcollar, también conocida como «La Zawiya»

puntas de los dedos la clave misma de la bóveda, y apreciar en proximidad lo que no se puede captar desde la lejanía. Sobre una base cuadrada, a cierta altura, emergen cuatro semibóvedas de aristas en las esquinas haciendo chaflán transformando el cuadrado en octógono (procedimiento similar al de las bóvedas de la Alhambra) (figura 5).

Desde cada lado del octógono arranca una cuña de bóveda de cañón, de simple curvatura con hiladas horizontales rectas. En la terminología de Fray Lorenzo de San Nicolás, esta sería una bóveda esquifada de ocho lados. Cada una de estas cuñas se compone de 24 hiladas de ladrillos colocados de plano (bóveda tabicada) y catorce hiladas en la cumbre de ladrillos colocados de canto (bóveda de rosca). Las patologías y las obras de reparación han permitido conocer con precisión la sección de esta bóveda que está compuesta, comenzando por el intradós de: Primero una hoja de ladrillo colocado de plano tomada con mortero de yeso, una capa de mortero u hormigón de cal de varios centímetros de espesor, y una nueva hoja de ladrillo colocado de plano tomada con mortero de cal. La primera hilada de la hoja interior de cada cuña, está compuesta en la base por 8 unidades. Esta sección se mantiene así durante 24 hiladas horizontales, y a partir de aquí, cuando ya queda poco para cerrar la bóveda, cambia la posición del ladrillo para ser colocado de canto, con objeto de poder soportar con comodidad un pequeño cupulín ciego sobre la clave (necesario para el contrapeso de la bóveda). Las hiladas colocadas de plano están supuestamente ejecutadas sin cimbra. La parte de la clave con los ladrillos de canto presumiblemente necesitarían algún pequeño soporte auxiliar. Los ladrillos miden aproximadamente 25 cm de largo, 12 cm de ancho y 3 cm de espesor, no llegando su peso por unidad a 1,5 kilogramos (figura 6).

Esta iglesia, también conocida como «La Zawiya» ha sufrido muchas vicisitudes a lo largo de su



Figura 6
Cúpula de la capilla del cementerio de Aznalcollar, donde se puede apreciar con claridad la colocación de los ladrillos, las hiladas de plano y las de canto

historia, quedando hoy reducida a una pequeña capilla, otrora cabecera de una iglesia hoy inexistente. Antes de las actuales intervenciones de la Escuela Taller de Aznalcóllar, la capilla era prácticamente una ruina. Las aguas habían penetrado en la bóveda ocasionando graves desperfectos, no obstante después de las reparaciones recibidas, con alguna que otra prótesis, hoy se mantiene en pie con dignidad. Una inscripción en la puerta da testimonio de «la restauración llevada a cabo por los alumnos del módulo de Recuperación Monumental de la Escuela Taller La Zawiya, finalizando la misma en junio de 2004».

El revestimiento interior es una pintura prácticamente sobre el ladrillo, sin otro soporte previo, y por los motivos, como la flor de lis, deben ser posteriores a la dinastía borbónica española. Los historiadores locales datan su construcción en el siglo XIV, alimentando la duda de si en la cabecera (justo la actual capilla) se aprovecho un antiguo oratorio musulmán. Hasta ser pintada, la bóveda debió permanecer desnuda, sin ningún revestimiento. No es habitual en este tipo de estructuras, que como ya se ha dicho, se completaban con un tratamiento exterior diferente según el destino. Lo que nos lleva a pensar que dicha obra quedó inconclusa en el momento de la ejecución, circunstancia que nos ha brindado la oportunidad de conocer su interior. En 1224, el Aljarafe es tomado por tropas leonesas. No era Castilla en esa época un reino que brillara por su industria ni por su arte. Tanto al rey conquistador, como a su hijo Alfonso X, les costó repoblar los territorios conquistados, y siempre contando con el conocimiento de los oficios de las gente del lugar, el arte mudéjar. La Zawiya de Aznalcóllar, fuese construida antes o después de la conquista cristiana, está hecha no con tecnología castellana, sino con tecnología hispano-musulmana. Por otro lado, una pieza menor como ésta en el escalafón arquitectónico, no parece que sea merecedora de acaparar el esfuerzo de hacer venir de lejanas tierras a algún afamado artífice con una técnica novedosa para su ejecución. Por su ubicación, uso y escala más bien parece ejecutada por artesanos del lugar, o al menos de la zona, con una técnica conocida y dominada, que por circunstancias ignotas la dejaron inacabada. Una de las primeras acciones de Fernando III El Santo era ordenar la construcción de un templo, capilla o ermita, en proporción a la población conquistada, y siendo la Zawiya los restos de la construcción cristiana más antigua del pueblo es lícito pensar que pueda datar de la segunda mitad del siglo XIII.

ALMERÍA

Almería y su entorno estuvieron bajo el mandato de Justiniano en el siglo VI y mantuvo relaciones constantes e intensas con Oriente durante su época musulmana, por lo que está justificado que conocieran las técnicas mesopotámicas de construcción de bóvedas de ladrillo sin cimbra. Está constatado que Almería fue un importante centro de producción, utilización y venta de yeso en el siglo X por las crónicas de Al Idrisi. Según Torres Balbás la bóveda gallonada mas antigua que se tenga noticia cierta en España la sitúa en Pechina en el siglo IX. También de Pechina, en este caso de la mezquita aljama, describe Al-Udri una cúpula semiesférica formada por once arcos notablemente esculpida y con cenefas de extrañas facturas (Sánchez Martínez 1976, 48). Un conjunto de ingredientes suficientes como para pensar que al menos en la Almería del siglo XI ya existía la bóveda tabicada, entendiendo por tal una bóveda de ladrillo colocado de plano, tomado con mortero de yeso y construida sin cimbra.

No deja de ser curiosa esta coincidencia, que prolifere la técnica de construir con yeso en un lugar donde existe buena piedra y de buena calidad. Hasta hoy es conocido y apreciado el mármol denominado «Macael» Las canteras de donde se extrae este material no son nuevas. Su explotación en época musulmana, en la Sierra de los Filabres, convirtió a Almería en una de las regiones andalusíes más ricas en el comercio y explotación del mármol. Empleado como material de lujo, revistió los pavimentos y zócalos de los edificios más significativos de al-Andalus. Las salas de recepción de Madina al-Zahra, el mihrab de la mezquita de Córdoba o numerosos espacios de la Granada nazarí, como el Maristán y especialmente la Alhambra, se beneficiaron de sus productos. Almería además de disponer de materiales de calidad era una ciudad rica, industriosa e inclinada al lujo y al dispendio, según Al Idrisi, y no obstante un lugar donde abunda la edificación con yeso.

Esto corrobora la teoría de que la bóveda tabicada no nace por la ausencia de recursos, no es fruto de la pobreza, sino que es una tecnología depurada

y refinada cuyo objetivo final era agilizar el proceso constructivo, economizando en medios y plazos de ejecución. Una técnica que separa radicalmente el elemento portante de la membrana superficial, el esqueleto de la piel, lo oculto de lo visible. En el elemento portante se cuida solamente la solidez, la garantía, la fiabilidad, y en la última capa superficial la vistosidad, el lujo, el trabajo minucioso y perfeccionista. Tanto la bóveda tabicada como las filigranas de yesería se hacen con el mismo material, y casi por las mismas manos. Una optimización de los procesos, una cuestión totalmente de actualidad en esta sociedad nuestra tan supuestamente avanzada.

La relación entre Al-Andalus y Bizancio no era casual ni puntual, sino permanente. Varios autores lo han expresado con profusión (Collins 2001). Baste la cita de Al Idrisi referente a los adornos enviados por el emperador de Constantinopla para la mezquita de Córdoba (Al Idrisi, 209). Justamente en Constantinopla se puede apreciar con claridad la distinción entre el elemento portante y la decoración exterior. Santa Sofía está revestida de ricos mosaicos, como edificio representativo y visitado. La cisterna, edificio utilitario, escondido bajo tierra, sin iluminación y de acceso muy restringido exclusivamente a los cuidadores, (hasta el punto de haber estado cerca de 200 años perdida) está completamente descarnada, el ladrillo desnudo en sus bóvedas, apoyadas sobre pilares reutilizados de diferentes clases y dimensiones.

Conclusión

Si comparamos la bóveda de Aznalcóllar con la del Convento de Santo Domingo de Valencia encontramos el elemento común de la técnica tabicada, pero también son notables las diferencias, de las que destacamos dos: La primera es el concepto estructural, mientras en Valencia se le confía la misión portante a unos nervios de piedra, en Aznalcóllar es la propia bóveda tabicada la que se convierte en elemento portante y elemento soportado. La segunda es la colocación de las hiladas, mientras en Valencia no responde a criterio alguno, en Aznalcóllar están todas perfectamente alineadas obedeciendo a un orden preestablecido. Por otro lado la obra de Valencia es una obra emblemática en la que están involucradas las más altas autoridades y los más cualificados artistas, mientras la de Aznalcóllar parece una obra común, dentro de su categoría, realizada por artífices locales. Por ello no parece que la bóveda de Aznalcóllar sea una manifestación precoz, sino mas bien una técnica consolidada, mientras que la de Valencia tiene un aire más experimental.

El camino hasta aquí recorrido nos ha conducido a Al-Andalus, a la arquitectura hispano musulmana, señalando a Almería como el epicentro donde confluyen las condiciones propicias, o mejor indispensables, para que se produzca la evolución de las bóvedas hasta cristalizar en las bóvedas tabicadas, a saber: Una cultura de sistemas abovedados sin cimbra procedente de Oriente, y una producción abundante de un material necesario como el yeso. A ese epicentro de las bóvedas tabicadas hemos llegado de la mano de Al Idrisi, que aunque el escribiera en el año 1154, podemos suponer que las bóvedas tabicadas ya existían allí al menos en la centuria anterior. Se puede aventurar que en Almería, en el siglo XI, es el lugar y el tiempo donde situar la referencia de las primeras técnicas conocidas de bóvedas tabicadas.

Fuera cual fuese su origen exacto en la península ibérica, las bóvedas tabicadas evolucionan en tres direcciones diferentes: Una en su expresión más sencilla, en forma de bóveda de cañón de diferentes secciones. Ha sido la formula mas extendida y popular, siendo su centro de irradiación Cataluña, por lo que ha llegado hasta nuestros días con el sobrenombre de bóveda catalana. La segunda de bóvedas de arista con una fuerte presencia e implantación en Extremadura y zonas limítrofes. Y la tercera un sistema sofisticado de cúpula de doble hoja con abundantes ejemplares en el antiguo reino de Valencia.

La bóveda tabicada no se puede comprender sin traspasar las fronteras de los reinos cristianos peninsulares de la edad media. Es necesario sumergirse en la España musulmana para profundizar en su origen, conocimiento y evolución. D. Leopoldo Torres Balbás llamaba la atención sobre las bóvedas de la Alhambra, alentando a estudiarlas en profundidad, consciente de estar ante unas piezas de gran valor no suficientemente reconocido.

Para completar la historia de las bóvedas tabicadas será ineludible recorrer la arquitectura hispano musulmana con minuciosidad, y especialmente la producida en Almería en los siglos X y XI.

Lista de referencias

Al-Idrisi. *Description de l'Afrique et de l'Espagne*, Traducción de Reinhart, P. A. Dozy et Michaël J. de Goeje, Oriental Press, Amsterdam, 1969, republication intégrale de l'édition de Leiden, 1866. [En línea] 10 de Septiembre de 2002. http://penelope.uchicago.edu/Thayer/F/Gazetteer/Periods/.

Araguas, Philippe. 1998. «L'acte de naissance de la Boveda Tabicada ou le certificat de natutalisation de la "voûte catalana"»; *Bulletin Monumental,* tome 156-II année 1998, Société Française d'Archéologie.

Collins, George R. 2001. «El paso de las cáscaras delgadas de fábrica desde España a América». En Huerta, S. (ed.). *Las bóvedas de Guastavino en América.* Exposición Guastavino Co (1885–1962). La reinvención de la bóveda. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Choisy, Auguste. 1883. *L' art de bâtir chez les byzantins.* Paris.

Dubler, César E. 1946. «Sobre la crónica arábigo-bizantina de 741 y la influencia bizantina en la península ibérica». *Al-Andalus 11.* Granada.

Dubler, V. 1975. *Opus geographicum.* Nápoles-Roma: Edicion d'Al-Idrissi.

Fortea Luna, Manuel y López Bernal, Vicente. 1998. *Bóvedas Extremeñas.* Badajoz: Colegio Oficial de Arquitectos de Extremadura.

Gómez-Ferrer Lozano, Mercedes. 2003. «Las bóvedas tabicadas en la arquitectura valencia durante los siglos XIV, XV y XVI». En *Una arquitectura gótica mediterránea.* Vol. II. Valencia: s.n.

Malpica Cuello, Antonio y Bermúdez López, Jesús. Trasformaciones cristianas en la Alhambra. [En línea] [Citado el: 25 de Agosto de 2006.]. http://192.167.112.135/NewPages/COLLANE/TESTIBDS/MUTAMENTI/13.rtf.

Muñoz Cosme, Alfonso. 2005. *La vida y la obra de Leopoldo Torrés Balbás.* Sevilla: Junta de Andalucía, Consejería de Cultura.

Sánchez Martínez, Manuel. 1976. *LA CORA DE ILBIRA (Granada y Almería) en los siglos X y XI, según Al-Udri (1003–1085).* Granada: Cuadernos de Historia del Islam nº 7, dirigidos por Jacinto Bosch Vilá.

Torrés Balbás, Leopoldo. 1981. *Obra dispersa I. Al-Andalus. Crónica de la España Musulmana, 1.* Madrid: Instituto de España.

Cerchas tradicionales de madera en Galicia central: Rasgos de comportamiento 3D

Manuel J. Freire Tellado

En la actualidad, si bien existe una considerable bibliografía sobre estructuras de madera —especialmente fruto de la labor del AITIM—, ésta se centra mayoritariamente en las estructuras de nueva construcción. En lo tocante a estructuras tradicionales, han ido apareciendo de forma marginal capítulos sobre aspectos muy concretos de las estructuras anteriores, como los estudios de patología de las estructuras históricas o los métodos de unión tradicionales. En los últimos años ha aparecido el estupendo libro de Enrique Nuere, *La Carpintería de Armar Española* (Nuere 2000), constituye un estudio general imprescindible de las soluciones constructivas históricas a nivel español. Finalmente, hay que añadir la tesis doctoral de Mª Isabel Gómez Sánchez publicada bajo el título «Las estructuras de madera en los tratados de arquitectura (1500–1810)», (Gómez 2006), título que explicita perfectamente su contenido.

Sin embargo, los estudios de ejemplos concretos de estructuras tradicionales están menos desarrollados, al menos en España: mientras en el mundo de las bóvedas de fábrica han proliferado estudios sobre casos particulares, no ha ocurrido lo mismo en las estructuras de madera, quizás debido también a la dinámica de reposición que éstas exigen.

Los contenidos de los distintos Congresos de Historia de la Construcción son buena prueba de ellos. La revisión de los índices pone de manifiesto que si bien se encuentran estudios sobre diversos aspectos tipológicos —principalmente teóricos—, el estudio de ejemplos concretos es más raro.

Del origen de las cerchas o armaduras trianguladas

El origen del tipo aún no parece completamente claro, aunque desde luego aparece ligado a la madera. La bibliografía fija en Roma el origen del tipo y está constatado que la solución estaba madura en el Renacimiento: su aparición en tratados como el de Serlio y, especialmente, los proyectos de puentes de Palladio de 1592 son buena prueba de ello. Pero también existen ejemplos anteriores: Luca Giorgi (2004), en el capítulo «La carpenteria lignea trecentesca delle chiese fiorentine» recoge y analiza una serie de estupendas celosías del trecento italiano del tipo que popularmente conocemos con el nombre de cuchillo español, lo que da pábulo para pensar que era una solución conocida ya en esta época.

El origen romano de las cerchas más sencillas no parece tener discusión: existen evidencias del empleo de soluciones atirantadas que evitan la introducción de empujes sobre los muros, e incluso de que el triángulo formado por los pares y el tirante (cordones superior e inferior) se completó con un pendolón —dando lugar a lo que se conoce como cuchillo simple—. Sin embargo existen dudas de que el tipo se completase con el empleo de maderos diagonales, llámense tornapuntas o jabalcones (Paricio 1999).

En su libro, Gómez (2006) realiza una lectura de los *Diez Libros de Arquitectura* de Vitrubio en los que incluye reproducciones de sendas láminas inclui-

das en las ediciones de Barbaro y Palladio de 1567 y de José Ortiz y Sanz de 1787 —ésta con una extrañísima solución de correas romboidales—. En ambas representaciones aparecen armaduras —cerchas— a dos aguas con tirante, pendolón y maderos diagonales, pero en ambos casos se reconocen en las láminas soluciones de la época. Dado la conocida carencia de láminas del texto de Vitrubio se suscita la duda de si estas interpretaciones gráficas no serán fruto de la aplicación de los conocimientos de la época en la lectura del texto y no la traslación del sentido original de éste.

En el caso de la primera solución citada, sorprende lo agudo de los ángulos que forma el tirante con los pares y, especialmente, con los tornapuntas —unos 22º—, situación que daría lugar a que los axiles que solicitan los maderos resultan elevados para armaduras de cierta luz. El tornapuntas divide al par en dos tramos aproximadamente iguales, pares que reciben cada uno 3 correas, a $^1/_4$, $^1/_2$ y $^3/_4$ de la longitud del madero, de tal forma que una de ellas apoya sobre el nudo del tornpuntas.

Los nudos inferiores presentan soluciones sorprendentes: en el encuentro del par con el tirante se dibuja, siguiendo la nomenclatura de Cassinello (1973), un ensamble en barbilla y no el usual ensamble en espera; el encuentro entre tirante, pendolón y tornapuntas se resuelve en un único nudo —en la carpintería clásica se separan los encuentro en dos— ofreciendo además una solución dudosa, dado que el diseño que se representa —un ensamble en espera sin cogote— sólo funciona para ángulos muy agudos con luces pequeñas. En caso de ángulos mayores su correcto funcionamiento depende bien de la disposición de elementos metálicos de unión entre pendolón y los tornapuntas o bien de la colaboración del enlace entre pendolón tirante, lo cual con las dificultades de los enlaces a tracción en madera y una tecnología de anclajes metálicos poco desarrollada semeja, como mínimo, arriesgado —en este caso no resulta claro el enlace previsto entre pendolón y tirante—. Si bien en las soluciones construidas con enlace metálico se suele evitar el contacto entre tirante y pendolón, en la segunda hipotética solución el contacto es obligado debido al acodalamiento de los tornapuntas contra tirante y pendolón, como ocurre en el dibujo.

De hecho si, en un intento de aproximación histórica, se comparan con los casos recogidos por Luca Giorgi (2004) con la lámina referida, la inclinación de los pares suele ser algo superior —25 ó 26º— aunque tres de los casos que presenta Luca Giorgi presentan pendientes similares de entre 21 y 23º. Si se miden los ángulos de los tornapuntas con el tirante, se pueden diferenciar dos subgrupos —con pendientes entre 38º y 53,5º y entre 23º y 26º—. De este segundo grupo, sólo en la iglesia de S. Salvatore a Settimo el tornapuntas divide el par en dos mitades aproximadamente iguales. Es ésta una cercha pequeña, de 7,90 m de luz, que presenta la particularidad de que el par recibe una sola correa apoyada sobre el encuentro con el tornapuntas, correa que además se dibuja romboidal —sin que las fotografías permitan afirmar o negar esta representación—. Los nudos entre pares y tirante no resultan visibles, pero el enlace del pendolón con el tornapuntas está perfectamente detallado y pertenece al tipo de ensamble en espera con un pequeño cogote que fácilmente podría pasar desapercibido. El encuentro pendolón tirante se realiza con caja, sin elementos metálicos. Estas notorias coincidencias levantan sospechas sobre la interpretación realizada al texto de Vitrubio.

En el intento de concretar un poco más el grado de desarrollo que los romanos dieron a las cerchas se han tratado de buscar otras fuentes que ayuden a fijar la evolución del tipo. Una de estas fuentes es la pintura.

En un fresco de la Gruta Vaticana se recoge el interior de la basílica de S. Pedro mandada construir por el emperador Constantino en el siglo IV. En esta pintura se puede apreciar que la armadura a dos aguas de la nave principal está compuesta por pares, tirante, pendolón y falso tirante, recuerdo quizás del nudillo. El apoyo sobre el muro se realiza con la parte interior del tirante, quedando aparentemente el encuentro de éste con los pares al exterior de los muros. En las naves secundarias, de altura decreciente, se emplea una armadura a un agua formada por un madero inclinado que define el plano de cubierta acompañado de tirante y tornapuntas. En la representación no se dibujan los apoyos —la misma solución se aprecia en las representaciones gráficas de San Pablo extramuros, basílica «gemela» de ésta, tras el incendio de 1823—. Miguel Carlos Fernández Cabo analiza, en unos párrafos muy interesantes, la solución aplicada en la cubrición de S. Pedro y S. Pablo, para las que señala unas luces de 24–24,25 m, así como de su posibilidad fáctica, dado las implicaciones que suponen la existencia de tirantes de más de 24 m,

confirmando este autor la viabilidad de la solución (Fernández 1996).

Pero resulta extraño que, de conocer los romanos las armaduras trianguladas con tornapuntas, no las hayan aplicado en estas importantes iglesias cuyo origen está en una decisión imperial, y obvien así la ventaja de la disposición de tornapuntas intermedios que rigidicen la armadura y limiten las flexiones a las que se ven sometidos los pares.

Otra de las fuentes a la que acudir está en aquellas construcciones romanas que han llegado «íntegramente» hasta nosotros: me estoy refiriendo a las ciudades sepultadas por el Vesubio, Pompeya y Herculano. Henri Stierlin en su libro *El Imperio Romano. Desde los Etruscos a la caída del Imperio Romano* (Stierlin 1997) incluye dos secciones —una longitudinal y otra transversal— de la Reconstrucción de la Casa del Centenario realizada por Jules-Léon Chifflot en 1902. En ellas se aprecian varias armaduras, ninguna de ellas con tornapuntas. De entre ellas sobresale una cercha a dos aguas con pares, tirante, pendolón y dos péndolas —pero sin tornapuntas—. El hecho tiende a descartar la hipótesis del empleo de tornapuntas en las cerchas romanas.

Las líneas anteriores evidentemente no cierran el tema, pero apuntan a que la incorporación de los tornapuntas a las armaduras de cubiertas se produce entre los siglos IV y XIV, desgraciadamente un marco temporal demasiado amplio. Dentro de este marco, es indudable que la solución de estructuras trianguladas deriva más naturalmente de las cubiertas con pendientes suaves del sur de Europa que de las fuertes pendientes del norte, que suelen buscar un comportamiento tipo arco.

La concreción histórica de su origen y los estudios sobre su utilización histórica tienen un interés superior al meramente teórico: bien al contrario, son imprescindibles para evitar restauraciones —sustancialmente de cubiertas— equivocadas, que falseen el valor documental del monumento. Es sabido que la legislación vigente de protección del patrimonio considera el valor del edificio no sólo como monumento artístico sino también como documento histórico. Por ello las soluciones constructivas aplicadas en la rehabilitación tienen que ser congruentes con las fechas de construcción de éste. Desgraciadamente en la década de los noventa se han producido algunas rehabilitaciones de iglesias románicas gallegas que, debido a los problemas derivados de los empujes, han sustituido sus armaduras de cubierta —muchas de ellas de par y tirante— por cerchas a dos aguas con pendolón y tornapuntas. Si bien es cierto que la definición del tipo estructural anterior todavía no está clara —según se desprende de las líneas anteriores—, hasta donde alcanzan los estudios realizados sobre las soluciones de cubrición de las iglesias románicas, y con los problemas de datación que conllevan, los resultados no permiten avalar esta sustitución. Problema añadido para esta historia de las soluciones de cubrición es que la gran mayoría de los estudios históricos —y con la excepción de aquellos que se refieren a elementos de gran valor— no aportan más datos sobre las soluciones constructivas de la cubierta que la referencia a que se trata de cubiertas de madera.

El problema puede parecer baladí con tal de no sustituir las soluciones existentes. Sin embargo existen un buen número de actuaciones del XIX en el que se produjeron sustituciones de cubiertas de edificios históricos de una forma no suficientemente justificada, y ahora que estas cubiertas exigen su sustitución es un buen momento para corregir errores pasados.

Las cerchas tradicionales

Las soluciones tradicionales de cerchas sorprenden al técnico formado en el campo de la teoría de estructuras actual por su alejamiento de las condiciones de diseño del tipo que prescribe la teoría: se emplean formas geométricas no estrictamente triangulares y por lo tanto geométricamente deformables, se busca que los ejes de las barras no concurran en los nudos, se echa mano a la resistencia a flexión y cortante para recibir las cargas y para realizar los apoyos... Y finalmente solución constructiva —la ejecución— de las uniones condiciona de manera muy significativa el diseño de la armadura, de forma bastante más profunda que la consabida disposición de las barras a compresión para facilitar la ejecución de los nudos: se podría decir que corrige la solución estructural.

En lo tocante al diseño la estructura, una de las características que llama enseguida la atención es la sencillez de trazado de éstas, que suelen limitarse a los esquemas más sencillos —al menos en las soluciones populares—, especialmente al llamado cuchillo español. Además, el diseño integra también los

requisitos no estructurales, desde la solución de la evacuación de las aguas a la protección del elemento, sustancialmente a su ventilación.

Los apoyos se suelen resolver con el tirante, que se prolonga más allá de la unión con los pares, para dotar de la resistencia a rasante de la unión garantizar la transmisión de cargas. De esta forma el tirante se embute en el muro, resuelve con sencillez el apoyo a la vez que permite una sencilla colocación de la cubrición. La consecuencia es que de esta forma el tirante se vuelve mucho más de lo que su nombre recoge. Otras veces se resuelve desplazando verticalmente ambos cordones (superior e inferior) y enlazándolos sobre el apoyo con un cartabón, para lo que necesariamente se tiene que echar mano de elementos metálicos.

Se quiere empezar resaltando la separación entre ejes de las barras, desplazando algunas para no reducir la resistencia del conjunto, dado que los métodos de unión tradicionales reducen la resistencia de la zona. Esta situación obliga al empleo de escuadrías condicionadas por la unión, normalmente más gruesas de lo necesario, lo que a su vez suele originar fendas.

Los medios auxiliares de la obra estaban muy lejos de los actuales. Un problema específico de las cerchas es el mantenimiento de la estructura en su plano durante la construcción. Una solución empleada en uno de los ejemplos que siguen es la colocación de tornapuntas en el plano perpendicular a la celosía, tornapuntas que se ligan con el madero de cumbrera para garantizar la estabilidad durante el montaje. La construcción empieza con la colocación de dos cerchas contiguas unidas por la cumbrera que se solidariza mediante los tornapuntas transversales, originando un sistema de carga compartida, una estructura espacial embrionaria.

Como en el ensamble de los tornapuntas con el pendolón se emplea el ensamble en espera —lo que implica la realización de rebajes en el montante, zapas según la terminología de Nuere— y para no penalizar el montante con una reducción de área en una sección concreta, los tornapuntas transversales se disponen más altos, dotando a la estructura de una apariencia arbórea.

Dentro de las cerchas tradicionales junto a lo que podríamos llamar una construcción «profesional», que emplea escuadrías de ciertas dimensiones enlazadas con uniones tradicionales convenientemente ejecutadas convive una suerte de construcción «popular», que aparece no sólo en viviendas rurales sino también en fincas urbanas, en la que se utilizan piezas apenas desbastadas, poco más que rollizos, enlazadas con una tecnología de uniones muy limitada.

A continuación se recogen tres ejemplos de armaduras de cubierta tradicionales de madera cuya conservación se amenazada situadas en la Galicia central.

Caso 1: Fachadas estructurales populares en Chapa

Chapa es un pequeño núcleo rural gallego que está cambiando su carácter rural original por uno asociado a la segunda residencia. La casa tradicional, vinculada a las labores agrarias, está formada por una edificación principal destinada a vivienda, en uno de cuyos lados se coloca un patio de labor cerrado por una o varias edificaciones auxiliares. Estos edificios suelen disponer de dos pisos —bajo y alta— y tener una planta rectangular muy alargada, con el lado largo cerrando el patio y una cubierta a dos aguas de teja vana con la cumbrera paralela a los lados largos. Estructuralmente tienen una estructura muraria con forma de C que se completa con apoyos puntuales en el cuarto lado —machos o columnas—, de forma que este cuarto lado queda abierto al patio. Por motivos no aclarados —pero muy probablemente relacionadazos con las labores agrarias—, muchas de las construcciones auxiliares de este núcleo están resueltas con una suerte de fachada estructural popular. Desgraciadamente la transformación anteriormente indicada en unos casos y el abandono en otros están llevando a la desaparición del tipo —así algunas de las fotos que se incluyen tienen ya una década, puesto que las edificaciones que recogen han desaparecido en la actualidad—. Estas líneas tienen por tanto un cierto componente etnográfico.

Si bien aparentemente la fachada indicada parece formada por una viga en celosía simple, con cordones paralelos, montantes y diagonales de disposición alterna que se va apoyando sobre columnas de piedra, lo cierto es que la solución es mucho más elemental aunque ingeniosa: se trata de una serie de módulos formados por armaduras simples que se repiten para construir la fachada. Están basadas en una V invertida, y cuentan con diagonales, tirante y pendolón, que se disponen salvando cada uno de los vanos dejados por las columnas pétreas de planta baja. Por ello el tirante recibe el forjado de planta primera,



Figura 1
Un ejemplo de las construcciones referidas

funcionando también como viga. Como el canto de la armadura es igual a la altura de la planta, para servir de apoyo a la cubierta a dos aguas, se dispone un madero horizontal que se apoya sobre en el cogote del pendolón y en unos pies derechos situados entre los distintos módulos. En los distintos ejemplos las armaduras mantienen bastante constante el canto —alrededor de los 3 m— si bien su luz oscila más —entre 5,00 y 7,50 m.

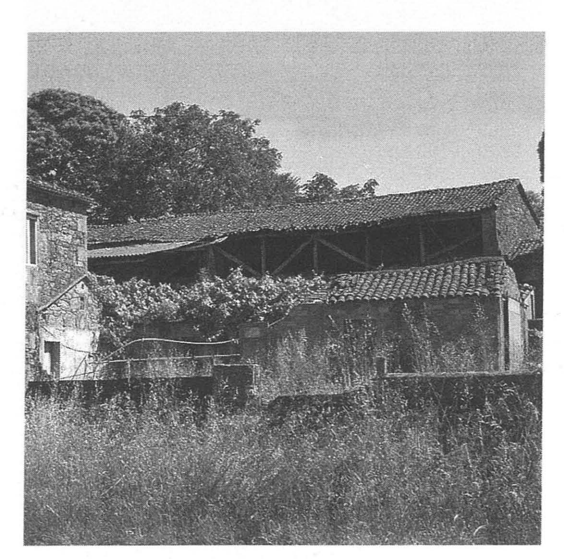


Figura 2
Otro ejemplo del tipo. Es visible el abandono

A partir de este planteamiento básico existen variaciones tanto en la realización de los nudos como en la disposición de otras barras auxiliares —probablemente con la misión de tupir un poco el plano de fachada y aparentemente sin misión estructural.

Los cambios que está experimentando el carácter del pueblo están afectando al tipo: abandono y ruina, sustitución total —se sustituye por una estructura de hormigón que se entiende más segura— o parcial —se sustituyen los montantes de madera por elementos de ladrillo o de hormigón—, o incluso su eliminación, dado que algunas de estas construcciones adjetivas se cierran y destinan a usos de vivienda.

Caso 2:
Aserradero en Tras Cacheiras

Está formado por un conjunto de tres edificaciones industriales cubiertas con cerchas de madera —todas ellas de una concepción semejante, estabilizadas me-

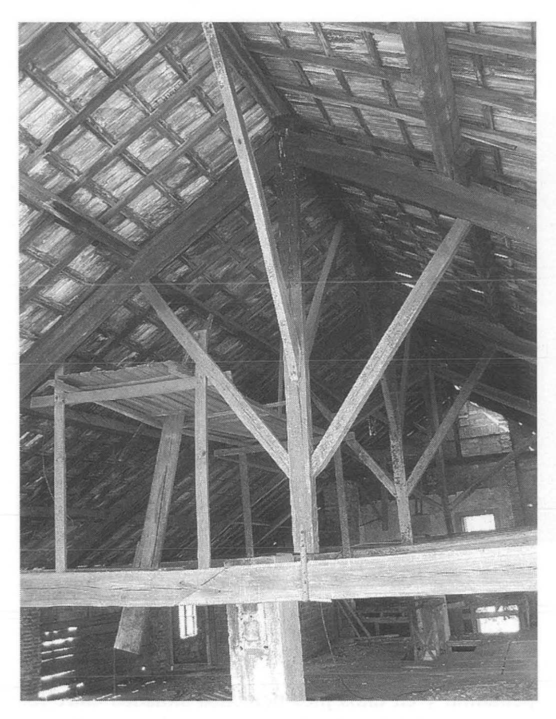


Figura 3
Interior del edificio principal del aserradero

diante pendolones transversales— situado en la proximidad del núcleo de Cacheiras —Santiago de Compostela, A Coruña—. En la actualidad se encuentra próximo a la ruina, peligrando su conservación para el futuro, situación que es el origen de estas líneas. El edificio fue incluido en la exposición «¿A dónde va? Arquitectura de la Madera. Aserraderos de la comarca de Compostela» realizada con motivo del Día Mundial de la Arquitectura del año 2008 por la Delegación de Santiago del COAG del 6 al 11–10–2008, para alertar de la más que probable desaparición de este patrimonio.

La estructura de la cubierta del edificio principal está constituida por un conjunto de cerchas —cuatro iguales y una apeada— dispuestas aproximadamente cada 4,00 m y apoyadas sobre pilas de ladrillo, de madera y de piedra. Un frente y un lateral de la edificación están cerrados con muros de ladrillos; el resto están abiertos. La cercha tipo es una armadura a dos aguas formada por pares, tirante, pendolón y tornapuntas —un cuchillo español—, con la particularidad de que presentan un sistema de tornapuntas transversales. Las La estructura recoge una cubierta de teja vana que es soportada, a través de parecillos o cabrios, por tres correas colocadas sobre los pares con ejiones clavados —técnica que permite absorber las diferencias de dimensiones de las piezas—, de tal forma que en el caso más común una de las correas coincide aproximadamente con el nudo del tornapuntas, mientras que las otras dos originan esfuerzos de flexión en el par —en uno de los casos, el más desfavorable, ninguna de las correas coincide con nudo alguno: en una de las cerchas se modifica el ángulo de inclinación de los tornapuntas, lo que da lugar a la situación apuntada-. Las tres correas indicadas se completan con la correa de cumbrera y con sendas correas soportadas por los extremos de los tirantes, que sirven de remate a los faldones.

Las armaduras cuentan con una luz libre del orden de 11,45 m —cercano al máximo que recomien-



Figura 4
Pendolón con las dos parejas de tornapuntas

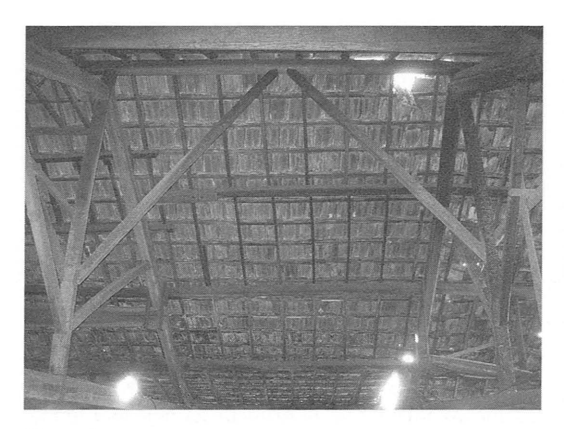


Figura 5
Organización transversal de la cubierta

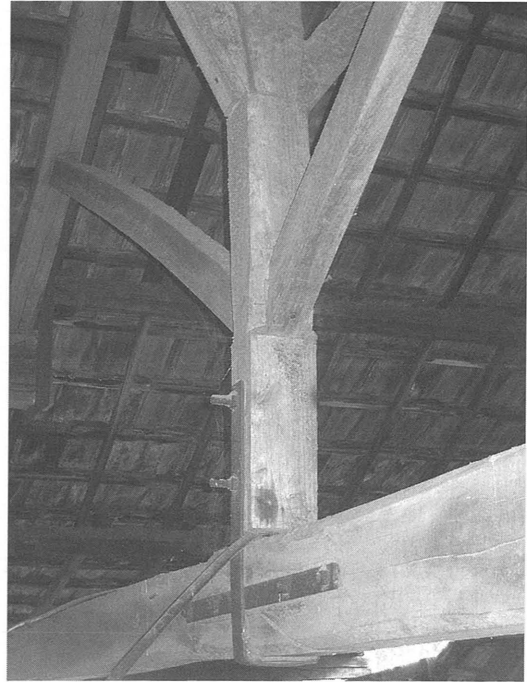


Figura 6
Ensambles de la cercha nº 4

da el AITIM (1994) para ese tipo estructural —con un canto máximo de 3,78 m. Para esta situación la sección de pares y tirante es del orden de 15 × 28 cm —dimensiones que dan lugar a la aparición de numerosas fendas en estos elementos—, la del pendolón de 13 × 17 cm y la de los tornapuntas de 9 × 12 cm, si bien existen variaciones entre las distintas armaduras.

La armadura contigua al testero de ladrillo es diferente. De menor luz, es una armadura a dos aguas con pares, pendolón y tirantes, que sin embargo mantiene los tornapuntas transversales. Por uno de los lados apoya en un machón interior de ladrillo realizado ad hoc, mientras que por el otro lado se apea en una viga que se lanza desde la cercha contigua hasta el hastial. El par de esta cercha se prolonga en continuidad hasta el nivel de alero.

Para las uniones entre piezas se emplea el ensamble en espera de acuerdo con la designación que proporciona Cassinello en su clásico libro, en el que diferencia entre los ensambles en espera y en barbilla (Cassinello 1973, 101–104), tanto para el enlace entre par y tirante como entre pares y pendolón, mientras que para el enlace entre tirante y pendolón, de las tres cerchas principales no modificadas se emplean elementos metálicos en dos, manteniéndose separados los elementos enlazados. En la cercha que resta y en la apeada sólo se pudo constatar que el enlace carece de elementos metálicos y que existe contacto entre pendolón y tirante, sin poder aportar más datos. En lo tocante al encuentro de los tornapuntas con los pares se ha constatado diversas uniones en caja, desde simple entalladura hasta doble cola de milano por tabla.

La necesidad de disponer el cogote para garantizar la resistencia del ensamble da lugar a que el pendolón resulte pasante con respecto a los pares, por lo que el madero de cumbrera —que se une con caja y espiga— resulta situado a mayor cota. También da lugar a que se prolongue el cogote del enlace entre pares y tirantes, lo que se aprovecha para realizar el apoyo de la estructura y colocar la correa de remate de la cubierta. Sin embargo esta decisión cambia radicalmente el comportamiento estructural del tirante, dado que a su situación de tracción característica se le añaden flexión y cortante como consecuencia de la separación entre el punto de apoyo y el encuentro con los pares.

Esta situación da lugar al desdoblamiento de los nudos, tanto el de apoyo con respecto al ensamble par-tirante, como al del encuentro pendolón-torna-

puntas y pendolón-tirante. Sin embargo, las dimensiones que se separa el ensamble de los tornapuntas del encuentro entre tirante y pendolón son muy superiores a las otras —unos 60 cm— ¿quizás por temor a las fendas que pueda producir el elemento metálico?

En un par de casos el tirante está formado por dos piezas que se empalman mediante un corte diagonal y el auxilio de un anclaje metálico (Cassinello 1973, 131).

En esta armadura se emplean una serie de tornapuntas transversales que dan a la estructura una apariencia arbórea, y que con la correa de cumbrera da lugar a un arriostramiento en K. Los encuentros de los tornapuntas transversales con el pendolón se desplazan con respecto al nudo formado por el pendón y los tornapuntas principales. De esta forma se evita que las reducciones de sección producidas por los distintos ensambles se concentren todos en la misma sección y provoquen la reducción del área neta del pendolón traccionado en la sección de encuentro, evitando así afecciones a la capacidad resistente del elemento.

Propuestas con empleo de tornapuntas transversales o de cumbrera existen en la tratadística. En el libro Mª Isabel Gómez (2006) citado anteriormente se recogen ilustraciones en las que aparecen estos elementos: se pueden encontrar en los tratados franceses del XVII —aparecen en el de Le Muet y en las láminas añadidas al tratado de La Hire, aunque en soluciones de armaduras sobreelevadas con pares interrumpidos— y quizás estén presentes en la armadura para la cubierta del Sheldonian Theatre de Wren. De todas formas, en las fuentes indicadas los tornapuntas transversales nacen por debajo o a la misma altura que los de la cercha principal, mientras que en nuestro caso lo hacen por encima de los principales.

En el caso que nos ocupa, el sistema de estabilización transversal es un sistema en K que combina dos tornapuntas transversales y una correa de cumbrera. En esta pieza de cumbrera está escrita la historia del montaje de la cubierta. El enlace entre los distintos tramos de ésta se realiza mediante cortes oblicuos —similares a los empleados en los tirantes— desplazados unos decímetros del plano de la armadura. Los cortes oblicuos permiten una cierta tolerancia en el montaje de las distintas cerchas al tiempo que los vuelos más allá del plano de la cercha son necesarios para permitir el enlace de la correa de cumbrera con el cogote del pendolón. Pero sólo una de los tramos de cumbrera rebasa las dos cerchas contiguas que le sirven de soporte. Los cortes oblicuos de enlace son en ésta además simétricos: se trata de la zona por la que se comienza el montaje de la estructura, las dos cerchas que se arriostran transversalmente con el sistema formado por la correa de cumbrera y los dos tornapuntas transversales que arrancan de ellas. Una vez estabilizadas éstas, se puede proceder a la colocación de las contiguas —por ambos lados— que se estabilizan de forma similar, pero en las que las correas de cumbrera apoyan en los voladizos que la primera ha dejado a ambos lados, al tiempo que deja un nuevo voladizo para el apoyos sucesivos.

Finalmente, hay que señalar que en el enlace entre las correas de cumbrera se utiliza la misma solución que para el enlace de los tirantes. Y también un enlace de caja y espiga para enlazar con el cogote del pendolón: el sistema de arriostramiento descrito es efectivo sólo si la correa es capaz de transmitir esfuerzos axiles conformando una celosía transversal. Ahora bien, el sistema así constituido resulta también eficaz para la transmisión de cargas gravitatorias, esbozando un comportamiento 3D del conjunto.

Dentro de las transformaciones exigidas por el uso, se sustituyó el tirante de madera de la cercha del testero por un tirante metálico colocado unos 50 cm más arriba. Esta decisión obligó a embridar el nuevo tirante sobre los pares, a recortar el cogote del pendolón y a perforar el tramo de éste que se mantuvo para permitir el paso del tirante metálico, así como a duplicar los apoyos —reduciendo la luz- para garantizar la estabilidad. Desgraciadamente la operación tuvo sus consecuencias, dado que se produjo el fallo del cogote por rasante, que únicamente se mantiene como consecuencia del efecto pasador que realiza el tirante.

En la estructura se aprecian también otras lesiones, como el fallo de un enlace par-tirante como consecuencia del la aparición de una fenda longitudinal en el tirante, que da lugar a una superficie de fallo no prevista al aproximarse la fenda al vértice del ensamble. También en otro de los edificios se produjo el fallo del tirante y la desaparición de un tornapuntas. La consecuencia más evidente fue el giro de la columna encargada de servirle de apoyo.

CASO 3:
CASAS EN HILERA EN EL VAL DE LEMOS

Se trata de un grupo de viviendas sociales de los primeros 50 compuestas por planta baja y primera. Cada vivienda ocupa una dimensión en planta de 8×8 m^2 —$7{,}50 \times 7{,}50$ m^2 libres—, y están resueltas a base de muros de carga que se cubren con cubierta a dos aguas. La estructura de la cubierta es una suerte de estructura arbórea espacial realizada con rollizos. En este caso la amenaza de la de su desaparición proviene de las operaciones de retejado y aprovechamiento del espacio bajo cubierta.

La estructura de la cubierta está formada por dos cerchas perpendiculares que comparten el pendolón y apoyan en el centro de las caras de los muros. Ambas cerchas tienen un trazado a dos aguas con un canto máximo de 2,38 m. Están formadas por pares, tirante, tornapuntas y un pendolón compartido, lo que da lugar a una solución bidireccional. El hecho de compartir el pendolón da lugar a que los puntos de apoyo de los tornapuntas secundarios se desplazan hacia arriba unos 50 cm entre ejes, de la misma forma que en el ejemplo anterior. A su vez el enlace de los tornapuntas principales se separa 55 cm de la unión del pendolón con el tirante. Sin embargo en el encuentro con el pendolón, los pares concurren todos a la misma altura.

Para conseguir una cumbrera horizontal se emplea una viga de madera que apoya en los muros, en el cogote del pendolón y en dos pequeños pies derechos —pilarejos o manguetas según Paricio (1999)— colocados sobre el cordón superior de la cercha transversal, apoyando sobre el par. Se da la particularidad que el pendolón se ata al tirante de 22 cm de diámetro de la cercha transversal —no al de la principal— aunque éste se machihembra con el tirante de la principal. Como solución del enlace se emplea el ensamble en espera —de acuerdo con la designación de Cassinello que otros llaman en barbilla-, salvo en los encuentros entre tornapuntas y pares, que se clavan, y la unión pendolón-tirante, realizada con una pieza metálica metálico, evitándose el contacto entre las maderas de ambos elementos.



Figura 8
Detalle del pendolón de la cubierta

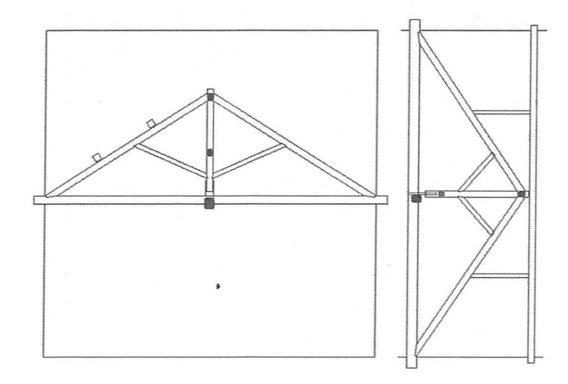


Figura 7
Esquema de la cubierta descrita

La cubierta se completa con sendas correas paralelas a cumbrera —una en cada faldón- que apoyan en los muros piñones y en la cercha transversal, que reciben los parecillos que soportan una cubrición de teja vana.

CONCLUSIÓN

Como síntesis se recogen una serie de características particulares de las estructuras articuladas que se han estudiado:

- Concepción basada en la intuición más que en conocimientos teóricos, lo que origina tanteos en las realizaciones
- Número de tipos reducido, pero siempre basados en disposiciones de barras trabajando a compresión
- Por necesidades de ejecución de los ensambles de unión, los ejes de las barras no son concurrentes, lo que lleva al desdoblamiento de nudos y a una desviación de la geometría del triángulo, lo que implica admitir la deformabilidad geométrica
- Frente a las connotaciones actuales del término «cercha», los esfuerzos de flexión y corte son importantes, siendo difícil catalogarlos de esfuerzos secundarios.
- Piezas de secciones considerables, por lo que suelen aparecer fendas, especialmente aquellas en las que se emplean elementos metálicos
- Atención a los requisitos de montaje: la carencia de medios auxiliares da lugar a soluciones cuyo comportamiento pasa a tener rasgos tridimensionales.

En el libro citado, Nuere (2000, 42) si bien indica la existencia de un tipo estructural diferenciado en País Vasco que también se da del otro lado de los Pirineos, no entra a tratarlo. Ejemplos de este tipo podrían ser —entre otros— la Torre Jaureguía en Navarra (Apezteguía 2005), el Palacio —si la memoria no falla- del Peredo en Santillana del Mar, reconvertido en Museo Interpretativo de Dinosaurios, y también, en lado francés, el Mercado de Sainte Sévère-sur-Indre. Vallée Noire. La Châtre, entre otros.

Quizás la propiedad más destacada de este tipo sea el planteamiento bidireccional en planta, con encuentros con jabalcones en dos direcciones ortogonales, que en este caso se encuentran a la misma altura dado que mecánicamente la pieza se encuentra comprimida. En la Galicia central se conoce algún ejemplo de techumbre con planteamiento similar, si bien de mucha menor entidad. Por ello quizás se pueda especular que los rasgos tridimensionales apuntados en los ejemplos anteriores tengan algo que ver con esa corriente diferenciada que asoma en el norte de España extendiéndose hasta Francia.

Lista de referencias

Argüelles Álvarez, R.; Arriaga Martitegui, F. 1996. *Estructuras de Madera. Diseño y cálculo*. Madrid: Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y Corcho, AITIM.

AA.VV. 1994. *Guía de la Madera*. Madrid: Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y Corcho, AITIM. Para las Cerchas de madera maciza con grandes escuadrías, se indica que el límite de utilización del cuchillo es de 7 m y de 12 m para la cercha con pendolón y tornapuntas.

Apezteguía. 2005. Torre Jaureguía en Navarra. Maite Apezteguía Elso. Tectónica 18. Rehabilitación I. Madrid, Marzo de 2005.

Cassinello Pérez, Fernando. 1973. *Construcción. Carpintería*. Madrid: Ed. Rueda. El libro contiene una completa descripción de los ensambles entre piezas de madera. Desafortunadamente no existe un consenso unánime en la designación de los ensambles históricos. Así en libro del AITIM Estructuras de Madera. Diseño y cálculo, al ensamble que Cassinello denomina «ensamble en espera» se le designa como «ensamble en barbilla», no recogiendo el ensamble al que aquí nos referimos, quizás por limitarse a recoger ensambles de uso estructural únicamente.

Fernández Cabo, Miguel Carlos. 1996. «De los orígenes y desarrollo de las armaduras de cubierta latinas». *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid.

Giorgi, Luca. 2004. «La carpenteria lignea trecentesca delle chiese fiorentine». Cap. Incluido en AA.VV. *S. Maria del Fiore e le chiese fiorentine del Cuecento e del Trecento nella città delle fabbriche arnolfiane*, 289–304. Florencia: ALINEA.

Gómez Sánchez, Mª Isabel. 2006. «Las estructuras de madera en los tratados de arquitectura (1500–1810)». Colección Arquitectura. Madrid, 2006. Publicación de la tesis doctoral «El proyecto de armaduras de madera: 1500–1810. De los métodos empíricos al cálculo científico: su evolución a través de los textos».

Jan Bigazi, Daniela Vivarelli. 2004. *La carpenteria lignea della chiesa di San Barnaba.*

AA.VV. 2004. *S. Maria del Fiore e le chiese fiorentine del Cuecento e del Trecento nella città delle fabbriche arnolfiane,* 305–310. Florencia: ALINEA.

Nuere Matauco, Enrique. 2000. *La Carpintería de Armar Española*. Madrid: Munilla-Lería.

Paricio, Ignacio. 1999. *Vocabulario de arquitectura y construcción*. Barcelona: Bisagra.

Stierlin, Henri. 1997. *El Imperio Romano. Desde los Etruscos a la caída del Imperio Romano*. Arquitectura Mundial. Taschen

Las cúpulas de arcos cruzados: origen y desarrollo de un tipo único de abovedamiento entre los siglos X-XVI

Paula Fuentes González

Las cúpulas de arcos cruzados son un tipo muy singular de abovedamiento. Los primeros ejemplos aparecen en España a mediados del siglo X, continuando su empleo, con distintas variantes, casi ininterrumpidamente hasta el siglo XIII. También aparecen bóvedas sobre arcos en Armenia y Persia, y en el norte de África.

El tipo culmina en España con los grandes cimborrios de Zaragoza, Teruel y Tarazona. Sin embargo seguirán apareciendo ejemplos de forma puntual hasta el siglo XX.

A pesar de su evidente interés, los autores que han estudiado estas cúpulas son muy escasos. Cabe destacar a Lambert y Torres Balbás, que entre los años 20 y 50 escribieron algunos artículos en los que tratan de demostrar una posible influencia de estas bóvedas en el origen de las góticas.

Es por todo esto que este artículo trata de sentar las bases para una investigación futura más profunda sobre aspectos como la construcción, la geometría o la estabilidad de estas cúpulas, así como indagar en su origen. Para ello realizaremos un recorrido cronológico por los ejemplos más importantes, tanto en España con en el extranjero, para después exponer las distintas teorías sobre el origen que han dado los diferentes autores que han trabajado sobre este tema.

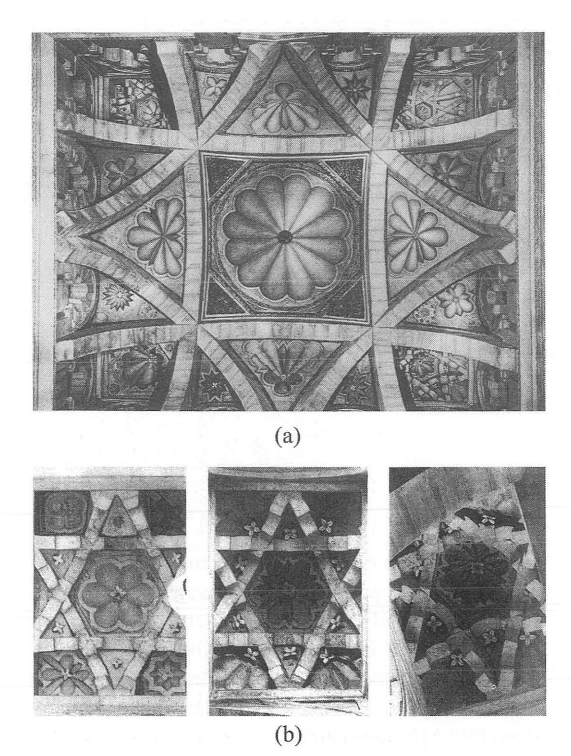
Primeras cúpulas: España, siglos X y XI

Las primeras cúpulas de arcos cruzados que se conocen son las de la mezquita de Córdoba, que aparecen en la ampliación de Al-hakam II, entre los años 961 y 965. En estos años se construyen cuatro cúpulas, tres en la zona del mihrab y la otra en el lugar del antiguo mihrab de la mezquita de Abd al-Rahman II. Esta última, conocida como Capilla de Villaviciosa (figura 1a), parece algo anterior a las otras y Manuel Nieto (2005) la fecha en 961.

A pesar de ser la más antigua, la Capilla de Villaviciosa tiene un trazado geométricamente más complicado. La planta es un rectángulo de 7,35 × 8,35 m (Gómez Moreno 1951). Paralelos a los lados aparecen cuatro arcos que se entrecruzan, formando un cuadrado. Otros cuatro arcos dibujan un rombo inscrito en la planta, y que se cruzan con los anteriores en los vértices del cuadrado, teniendo así un cruce de tres arcos. El hueco central se cubre con una cúpula de doce gallones. Los paños que quedan entre los nervios se decoran de diferentes formas. Resulta interesante la decoración de tres de las cuatro esquinas, en las que se realizan unas cupulillas también de arcos cruzados, basadas en el hexágono (figura 1b).

En el caso de la cúpula que precede al mihrab (figura 2), el trazado se define mediante dos cuadrados girados que dibujan un octógono.

Por último, a los lados del mihrab, aparecen otras dos cúpulas (figura 3). Partiendo de una planta cuadrada, se pasa al octógono mediante un tambor. De los vértices del octógono nacen unos arcos, paralelos dos a dos, que se cruzan dibujando un octógono en el centro.



(a)

(b)

Figura 1
Capilla de Villaviciosa (Ewert 1968; Ewert 1977)

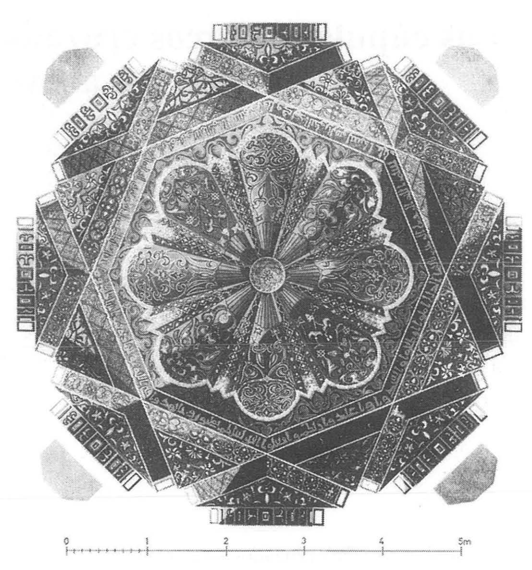
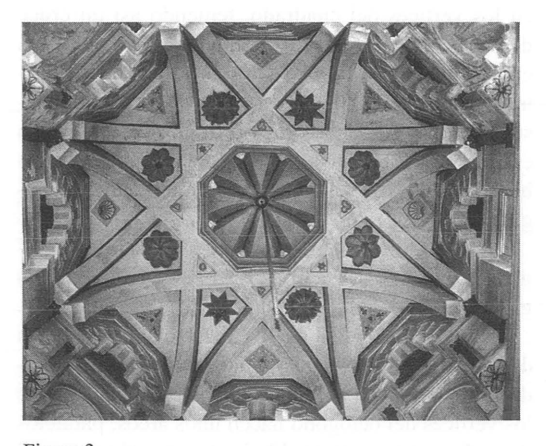


Figura 2
Mezquita de Córdoba, cúpula delante del mihrab.(Ewert 1968)

Algo posterior a la mezquita de Córdoba es la mezquita de Bib al-Mardum o Cristo de la luz, en Toledo. En ella aparece todo un catálogo de soluciones (figura 4). Cada uno de los nueve tramos tiene un trazado diferente, algunos de los cuales aparecían ya



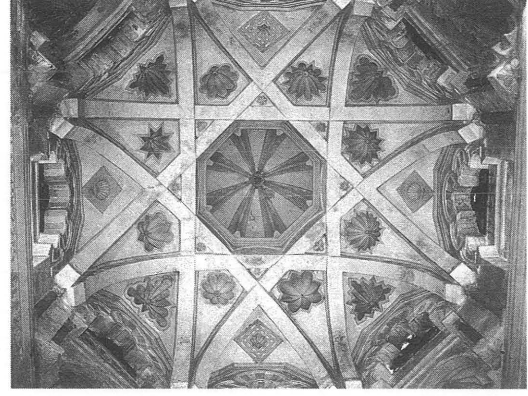


Figura 3
Mezquita de Córdoba. Cúpulas de las capillas laterales. (Giese-Vögeli 2007)

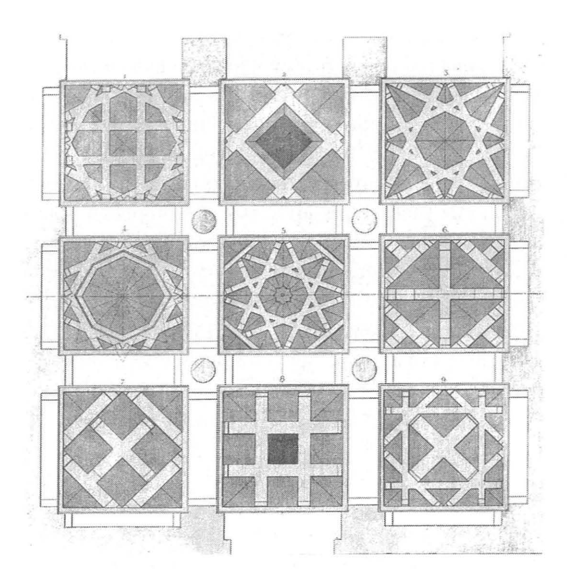


Figura 4
Cúpulas del Cristo de la Luz. (Amador de los Ríos 1877)

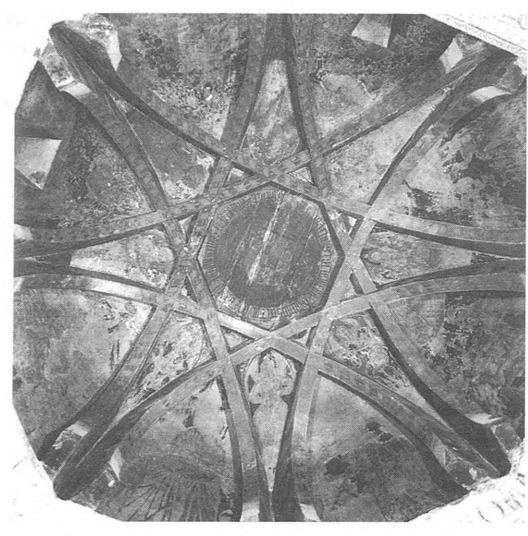
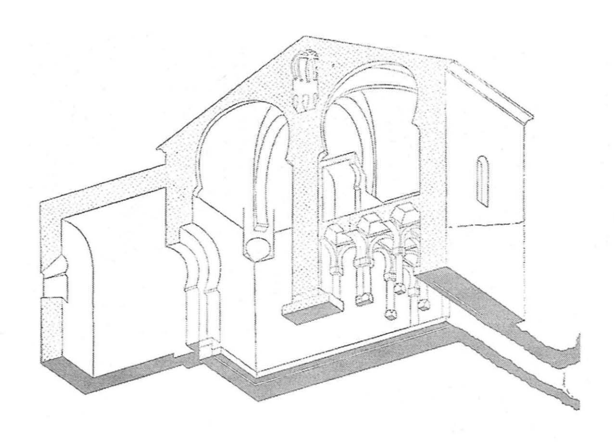


Figura 5
Capilla de Belén, Convento de Santa Fe. (Cerro Malagón et al. 1991)

en Córdoba, y de otros podremos ver su influencia en edificios posteriores. En este caso las dimensiones son mucho más pequeñas, de unos 2 metros de lado.

Durante el siglo XI se construyen otras cúpulas de este tipo en la Mezquita de las Tornerías y en la Capilla de Belén, en el convento de Santa Fe, ambas en Toledo. En las Tornerías, el tramo central está cubierto por una cúpula con cuatro arcos paralelos a los lados, que se cruzan dejando un cuadrado en el centro, y dividiendo la cúpula en nueve partes, cada una de las cuales se decora con distintos motivos. La capilla de Belén (figura 5) tiene una planta cuadrada, de uno



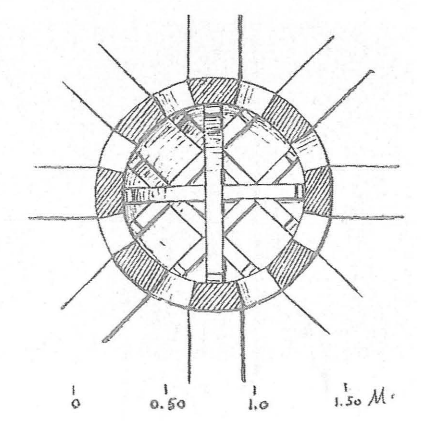


Figura 6
Iglesia de San Baudelio en Berlanga, sección por el pilar central y planta de la cúpula (Gómez Moreno 1975)

3,40 metros de lado, cubierta por una cúpula con un trazado similar al de las capillas laterales del mihrab de la mezquita de Córdoba, con ocho arcos de herradura que arrancan de los vértices del octógono y que dibujan a su vez otro octógono en el interior.

En la Cuadra de los Paramentos, en la Aljafería de Zaragoza, existía otra cúpula construida en el siglo XI y hoy desaparecida, descrita por Gómez Moreno (1951): «la cuadra de los paramentos o alcoba regia, cuadrada y con riquísima cúpula, dispuesta por cruzamiento de arcos sobre peregrinos apoyos, de que se conservan fragmentos». Sabemos que era nervada, pero no si los nervios se cruzaban o no en el centro.

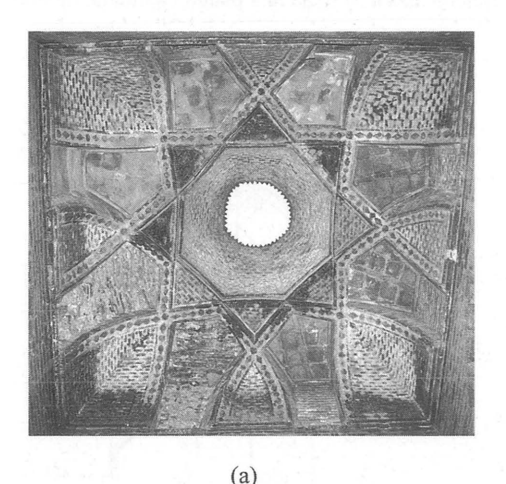
También del siglo XI es la iglesia de San Baudelio de Berlanga, en la provincia de Soria (figura 6). Esta iglesia tiene una planta aproximadamente cuadrada, con un pilar central, del que parten ocho arcos de herradura. Sobre este pilar se abre un pequeño nicho de un metro de diámetro por 2,30 m de altura, cubierto por una cúpula semiesférica con cuatro arcos paralelos dos a dos, que dibujan un cuadrado en el centro, y otros dos que se cruzan en forma de cruz.

Persia y Armenia

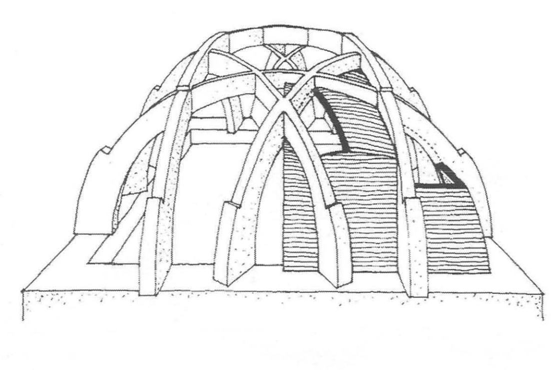
Desde finales del siglo X aparecen cúpulas nervadas en Armenia y en Persia, pero con importantes diferencias entre unas y otras. La arquitectura musulmana utiliza una red de nervios delgados, de ladrillo, y multiplican los entrecruzamientos entre ellos, dibujando polígonos o estrellas. En estas cúpulas la geometría adquiere un papel fundamental. Sin embargo, en Armenia, se construyen arcos de gran tamaño y buen aparejo de piedra. Los armenios descomponen la bóveda en partes, mientras que los árabes aprovechan los nervios para organizar el aparejo decorativo de la plementería, pero construyendo siempre un interior homogéneo. La escala también es distinta, en Armenia son construcciones que se aplican a todo un edificio, mientras en la arquitectura musulmana la bóveda cubre sólo una parte de la sala (Baltrusaitis 1939).

Persia

La mezquita mayor de Isfahan, en Irán, empieza a construir en el 771 con una estructura de sala hipóstila. Sufre distintas modificaciones a lo largo de los siglos. Entre finales del siglo XI y el siglo XV se construyen prácticamente todas las bóvedas. Entre las 484 cúpulas de la mezquita aparecen varias nervadas. Los nervios de la mayor parte de estas bóvedas, especialmente las del periodo selyúcida, son una serie de arcos de entre tres y siete hojas de ladrillo sentados de plano en vertical, a la manera de las antiguas bóvedas mesopotámi-



(a)



(b)

Figura 7
Mezquita de Isfahan. Bóveda nº 60. (Giese-Vögeli 2007; Galdieri 1981)

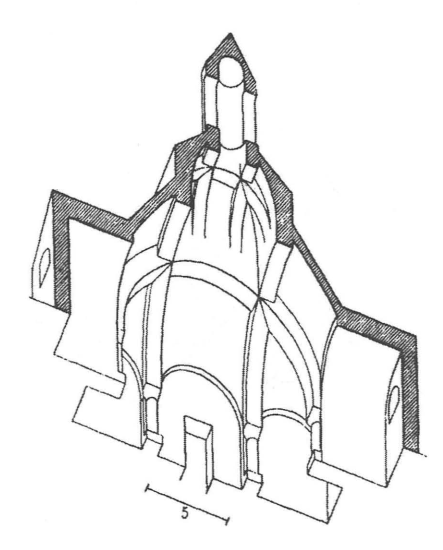
cas. Una o más de estas hiladas de ladrillo salen por el intradós, mientras que el resto permanecen ocultas. Algunas de las bóvedas tienen los nervios radiales, pero también aparecen otras en las que los nervios se cruzan dejando vacío el centro (Galdieri 1984). Una de las bóvedas más interesantes y estudiadas es la nº 60. Galdieri (1981) la sitúa entre el 1090 y el 1150. Tiene una planta aproximadamente cuadrada de 3,5 m de lado. Esta formada por ocho nervios, cuatro de ellos son paralelos dos a dos, dibujando un cuadrado en el centro, y los otros cuatro arrancan ligeramente desplazados de la mitad del lado, con lo que se entrecruzan a una cierta distancia, y cortan el cuadrado anterior dibujando un octógono. En el centro del octógono se abre un óculo circular, por el que entra la luz (figura 7a). Los nervios están formados por cuatro hojas de ladrillo tomado con yeso, y con sección constante, excepto en los riñones, donde se aumenta (figura 7b). Deslizando hacia atrás los dos ladrillos interiores, se consigue la sensación de hacer desaparecer el nervio, y la decoración se coloca en el hueco que queda.

Armenia

Desde finales del siglo IX se construyen en Armenia una serie de bóvedas nervadas. Aparece una gran diversidad de trazados: arcos radiales o diagonales que se cruzan en el centro, arcos paralelos a los lados que no se cruzan en el centro, o incluso arcos unidos en T.

En la gran sala de la abadía de Horomosvank aparece una de estas bóvedas, con cuatro nervios que la dividen en nueve tramos. Este sistema de cuatro arcos lo encontramos también en el porche de Halbat, al norte de Armenia, construido en 1201 (Cuneo 1988). Los arcos tienen una luz de 11,75 m y un espesor de 75 cm (Baltrusaitis 1936). El tramo central tiene una cúpula que reproduce a escala más pequeña el trazado principal (figura 8).

Esta combinación de cuatro arcos es muy frecuente, aparece también en Xorakerti Vank, y en Ganjasar, ambas del siglo XIII. Los tramos que quedan entre los arcos se cubren de distintas formas, con fragmentos de bóvedas, pequeñas cúpulas o paños planos. En ocasiones esta plementería apoya directamente sobre los arcos, mientras que en otras aparecen unos muretes intermedios. Normalmente el cruce de los arcos se realiza con una dovela especial cuya estereotomía recoge las cuatro direcciones de los arcos. Este sistema es el resultado de una evolución, que comienza en la segunda mitad del siglo IX, con la definición del *gavit*. El *gavit* es un edificio que se coloca delante de algunas iglesias. En su origen, son edificios de planta rectangular, con cuatro columnas



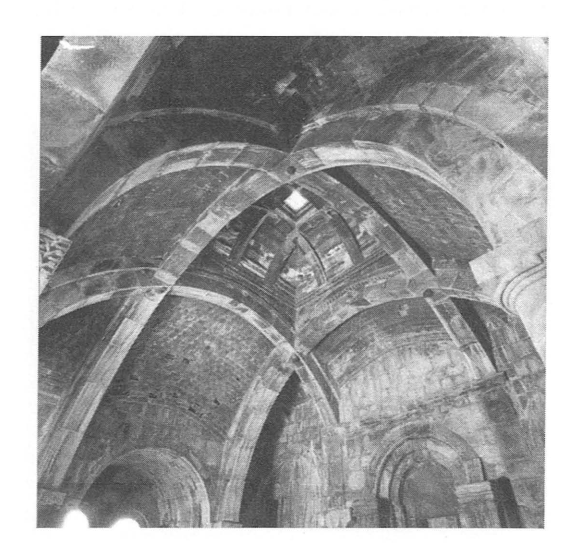



Figura 8
Porche de Halbat (Choisy 1899; Cuneo 1988)

aisladas que soportan arcos. En el tramo central se coloca una linterna para iluminar. En el siglo XIII la forma evoluciona, se hacen más cuadrados y se eliminan los pilares intermedios. Cuatro grandes arcos se cruzan dividiendo la cubierta en nueve partes. Este sistema se empleará también en otros espacios monásticos, como la biblioteca y el refectorio de Halbat.

SIGLOS XII-XIII

A finales del siglo XII se diferencian dos tipos de bóvedas. Por un lado, en la arquitectura cristiana, las bóvedas tienen nervios gruesos, que suelen trazar dibujos que se basan en el cuadrado o en el octógono. Aparecen distintos ejemplos en España y en el sur de Francia. En cambio, en la arquitectura islámica se multiplica el número de nervios, a la vez que disminuye su espesor. Aparecen las plementerías caladas y la decoración con estalactitas.

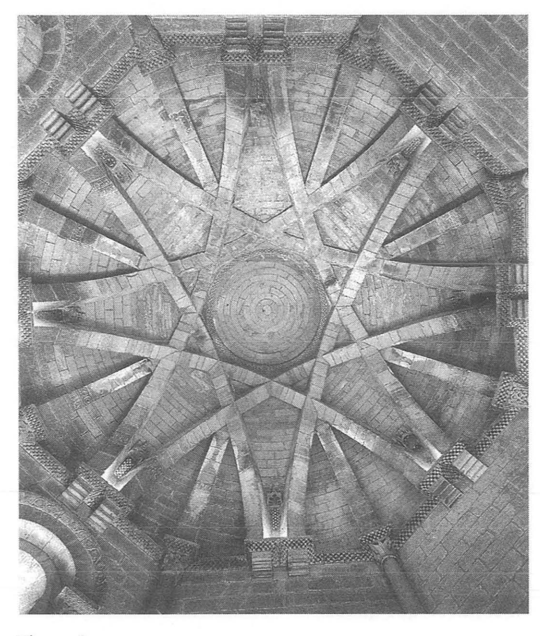
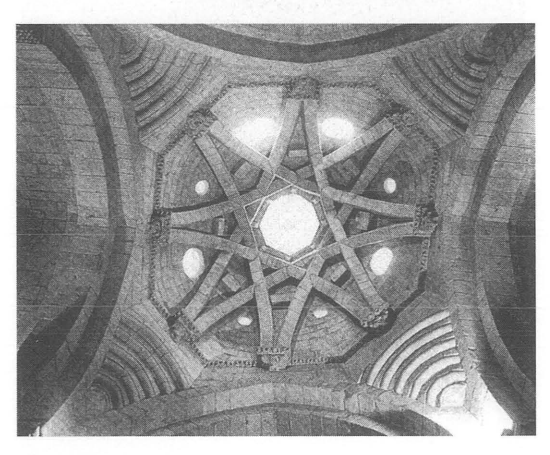


Figura 9
Iglesia del Santo Sepulcro en Torres del Río, Navarra. (Martínez de Aguirre y Gil Cornet 2004)

Arquitectura cristiana

Del primer tipo, y con el octógono como figura base, se utiliza un trazado que ya aparecía en el Cristo de la Luz, y que se forma arrancando los arcos de dos en dos de los puntos medios de los lados. Con este trazado en España encontramos en Torres del Río, Navarra, la iglesia del Santo Sepulcro (figura 9). Esta cúpula se diferencia del resto en la adición de unos nervios suplementarios que nacen de los vértices del octógono y mueren en la primera intersección de los otros arcos. En la provincia de Soria se encuentra



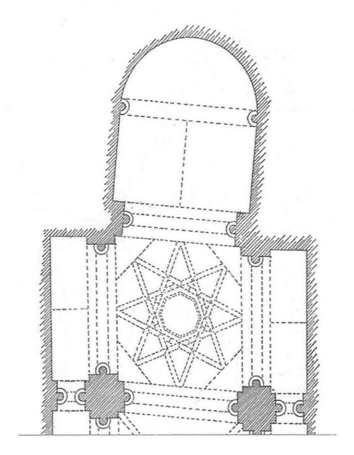




Figura 10
Iglesia de San Miguel de Almazán, Soria. (Sutter 1997; Lampérez 1930)

San Miguel de Almazán, cuyo crucero se cubre con otra cúpula de características similares a las anteriores, pero con algunas diferencias. En este caso, por la geometría de la planta, el tramo a cubrir es un cuadrado esviado, lo que conlleva que los arcos no sean todos iguales, sino iguales dos a dos (figura 10). Con el mismo trazado tenemos la cúpula de Santa Cruz de Olorón y la de Hospital de San Blas al sur de Francia.

Con una traza distinta, aunque también basada en el octógono encontramos una cúpula en la Capilla de Talavera, en la Catedral Vieja de Salamanca (figura 11). Fechada por Torres Balbás (1940) en la transición entre el siglo XII y el XIII, destaca por la molduración de los nervios, y la torpeza de los encuentros.

Además de estos ejemplos, aparecen otras cúpulas, de trazado más sencillo, con sólo cuatro arcos, paralelos dos a dos, que dibujan un cuadrado en el centro. Este trazado, que ya aparecía en el Cristo de la Luz, aparece de nuevo en el crucero de la iglesia del monasterio de Armenteira, en la cúpula superior de la Vera Cruz, y en las iglesias de San Millán y San Martín, en Segovia.

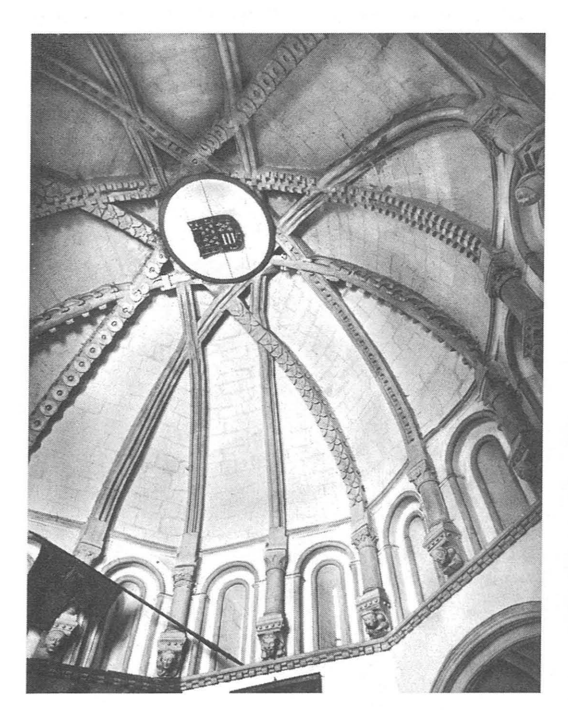


Figura 11
Capilla de Talavera, catedral vieja de Salamanca (Torres Balbás 1949)

Arquitectura islámica

En cuanto al segundo tipo, encontramos varios ejemplos, en el sur de España y en el norte de África.

En una de las casas del Alcázar de Sevilla, aparece una cúpula sobre doce arcos que se entrecruzan dibujando un dodecágono en el centro, sobre el que se levanta una cupulilla de mocárabes. Son nervios más finos y en mayor número que en las cúpulas anteriores. En este caso la traza parte de un cuadrado achaflanado en planta, y combina dos trazados que aparecían en el Cristo de la Luz: cuatro arcos paralelos a los lados que dibujan un cuadrado en el centro con ocho arcos que arrancan de las esquinas del cuadrado (en este caso de los chaflanes) y van a los puntos medios de los lados (figura 12).

En Granada se conserva una qubba islámica, convertida tras la reconquista en Ermita de San Sebastián, cubierta por una cúpula con dieciséis arcos que dibujan una estrella de dieciséis puntas en el centro. La delgadez de los arcos, y su interrupción

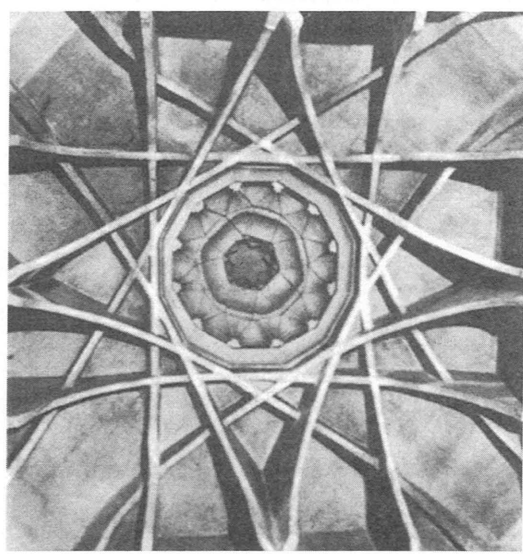


Figura 12
Casa del Alcázar de Sevilla (Almagro 2001)

en el centro evidencian el carácter decorativo de los mismos.

En Valencia se conservan también un par de ejemplos, situados en los castillos de Biar y Villena. En el caso de Biar, la bóveda de arcos cruzados se encuentra en la segunda planta de la torre, que se construyó a finales del siglo XII. Es una bóveda formada por ocho arcos que al cruzarse crean un dibujo estrellado. Muy parecido al trazado de esta bóveda es el del primer piso de la Torre del Homenaje en el castillo de Villena. Tiene planta cuadrada y está cubierta por ocho arcos de ladrillo peraltados. En el segundo piso de la misma torre aparece otra bóveda nervada, esta vez de planta rectangular, con once arcos rebajados también de ladrillo (Ferre 2000).

En la primera mitad del siglo XII se construye en la mezquita Al-Qaraouiyin en Fez, una cúpula de arcos cruzados con la misma disposición de nervios que en las capillas laterales de la maqsura de la mezquita de Córdoba.

También en Marruecos, el minarete de Koutoubiya tiene cubierta su última planta por una cúpula de arcos cruzados (figura 13a). Pasa de la planta cuadrada a la octogonal por unas trompas de estalactitas. Ocho arcos de herradura arrancan dos a dos de los lados dibujando en el centro un octógono, cubierto por una cupulilla con estalactitas (Basset y Terrasse 1926). Con este mismo trazado se conserva en España una bóveda en la torre del la cárcel de la alcazaba de Alcalá la Real (figura 13b) y la cúpula que cubre la Capilla de la Asunción, en el Monasterio de las Huelgas, en Burgos (figura 13c). A diferencia de las bóvedas descritas anteriormente, los arcos arrancan aisladamente, característica de la arquitectura almohade.

En el norte de África se desarrolla un tipo de cúpula de arcos cruzados muy particular, en que se calan las plementerías de yeso. El primer ejemplo de este tipo se construye en el 1136, en el tramo que precede al mihrab de la mezquita mayor de Tremecén (Argelia). Está formada por doce arcos de herradura, construidos con hojas de ladrillo puesto de canto. Los doce arcos se entrecruzan dejando un dodecágono en el centro, que se cubre con una cupulilla de mocárabes. Las plementerías son de yeso totalmente caladas (figura 14). Esta cúpula inspiró otras posteriores. En 1291 se construye la de la mezquita mayor de Taza (Marruecos), en el mismo tramo, precedente al mihrab. En este caso son dieciséis los arcos que forman la cúpula, también de ladrillo y yeso. Los arcos no arrancan exactamente del vértice, sino un poco separados, cruzándose a poca distancia del arranque. Similar en el trazado a la cúpula de Tremecén, es la existente en la mezquita mayor de Fez (Marruecos), también con doce arcos y una cupulilla de mocárabes en el centro, construida en 1395. En todos los casos, aparece una estructura superior, independiente de la bóveda, con cubierta a cuatro aguas, y con ventanas que permiten la entrada de luz.

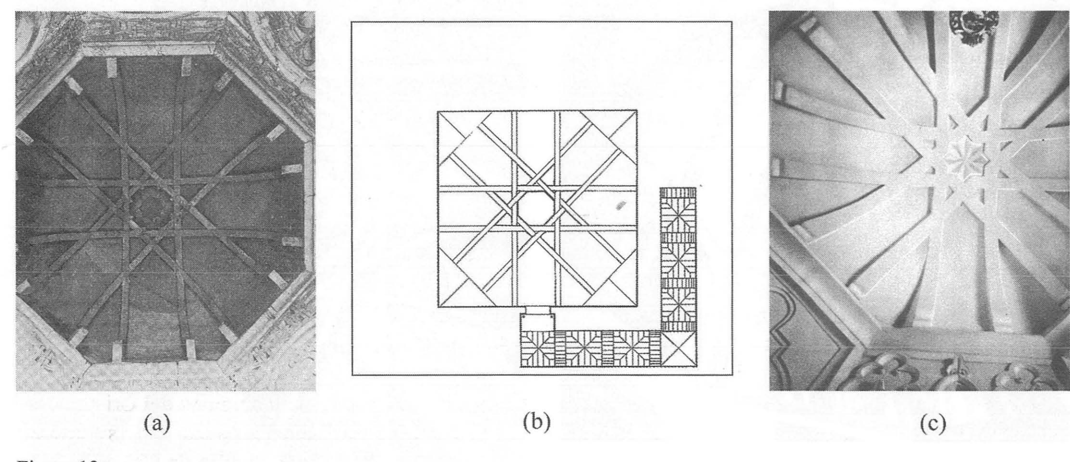


Figura 13
Minarete de Koutoubiya (Basset y Terrasse 1926); torre del la cárcel de la alcazaba de Alcalá la Real (Pavón Maldonado 2009); Capilla de la Asunción (Torres Balbás 1949)

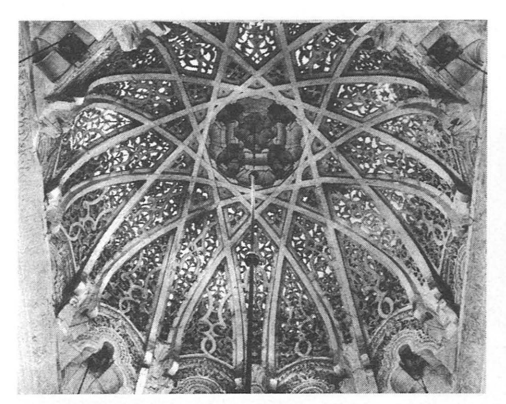
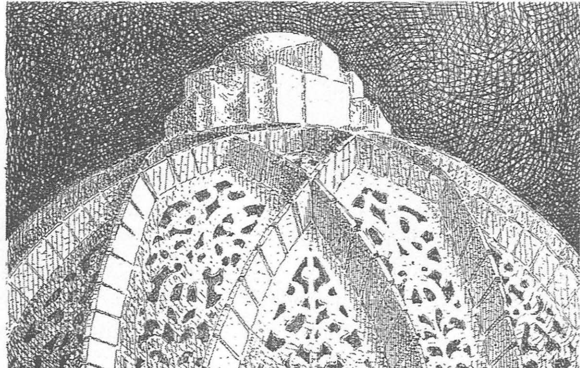



Figura 14
Mezquita de Tremecén. Cúpula delante del mihrab. (Giese-Vögeli 2007; Marçais 1926)

Siglos XV-XVI: Los cimborrios

A finales del siglo XV se construyen en España una serie de cimborrios en los que se unen la tradición islámica del país con el gótico europeo. El primero de estos cimborrios es el de San Juan de los Reyes, en Toledo, construido en 1476. La traza original es de Juan Guas, posiblemente modificada por Simón de Colonia y llevada a cabo por Antón y Enrique Egas. Hay ciertas diferencias con los cimborrios posteriores, como la ausencia de linterna, o que los nervios en este caso dibujan un cuadrado en el centro, en lugar de un octógono.

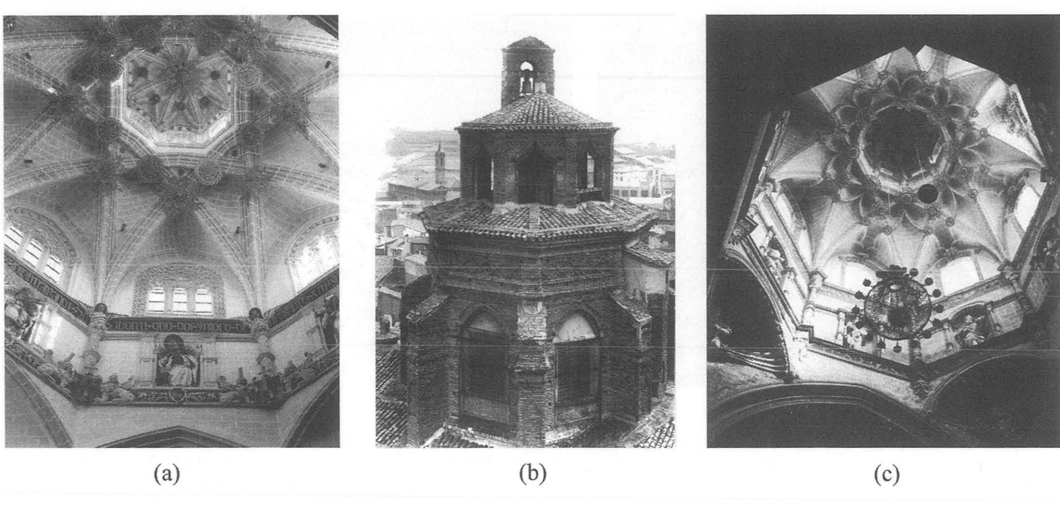
En 1490 se decide ampliar la catedral de Zaragoza, pero al poco de comenzar las obras aparecieron problemas estructurales, viniéndose abajo una bóveda en 1498. Por este motivo se celebró una reunión de maestros en el año 1500, a la que, aunque no se sabe con seguridad, es posible que acudiera Enrique Egas. Lo que si se sabe es que realizó una visita en 1504, y que tras ella se comenzaron las obras del nuevo cimborrio bajo la dirección de Juan Lucas Botero el Viejo (Ibáñez Fernández 2007). La traza del cimborrio es similar a las de la maqsura de la mezquita de Córdoba, aunque en este caso la planta es rectangular (figura 15a, b). El tambor octogonal, se cubre con una bóveda con ocho arcos apuntados que parten de los ángulos, dibujando otro octógono central en el que se eleva una linterna. Ésta se cierra con una estructura exterior, levantada sobre una segunda red de arcos entrecruzados. Las claves colocadas en las intersecciones de los arcos evitan los complicados encuentros vistos en bóvedas anteriores.

Sin duda el cimborrio de Zaragoza tuvo una influencia fundamental en los de Teruel y Tarazona.

El cimborrio de la Catedral de Teruel se terminó de construir en 1538, tras el derribo del anterior cimborrio medieval, cuya traza es desconocida. Es posible que interviniera en su construcción Juan Lucas Botero el Viejo. En este caso la planta es muy irregular. El tambor, de una sola altura y planta octogonal se cierra con ocho arcos apuntados, que configuran un dibujo similar al de Zaragoza, levantándose también en el centro una linterna. Se añaden en este caso unos combados que complican el trazado base.

En 1543 se comienza el nuevo cimborrio de la Catedral de Tarazona, de nuevo bajo la dirección de Juan Lucas Botero el Viejo. El tambor tiene dos niveles, y se cubre con una bóveda similar a las de Zaragoza y Teruel. Se añaden, como en Teruel, unos nervios combados (figura 15c).

Entre 1500 y 1504 se construye el cimborrio del Hospital de la Santa Cruz, en Toledo, atribuido tradicionalmente a Enrique Egas. En este caso el tramo a abovedar es de planta cuadrada y se utiliza una traza que ya aparecía en uno de los tramos del Cristo de la Luz. Ocho arcos rampantes arrancan de los vértices del cuadrado y van al punto medio de sus lados, saltándose un vértice y dibujando un octógono en el centro. Añade a estos nervios otros que arrancan de



(a) (b) (c)

Figura 15
Cimborrio de la catedral de Zaragoza, interior y exterior; cimborrio de la catedral de Tarazona (Ibáñez Fernández 2007)

las esquinas y mueren en los vértices del octógono interior. Este octógono central se abre para que entre la luz de la linterna.

Ejemplos posteriores

Los cimborrios góticos no son los últimos ejemplos de este tipo de cúpulas. En la Italia barroca, Guarini construirá una cúpula claramente inspirada en los modelos anteriores en la iglesia de San Lorenzo de Turín. Sobre planta octogonal, y con ocho arcos que dibujan un octógono en el centro, tiene un trazado similar a las capillas laterales de la mezquita de Córdoba, pero en este caso desaparece la plementería en la parte superior. En la misma iglesia, construye otra cúpula de arcos cruzados, en este caso seis arcos que dibujan un hexágono central, trazados que aparecían ya en Armenia y en las esquinas de la Capilla de Villaviciosa. También de seis arcos es la cúpula de la Capilla de San Luigi Gonzaga, que construye Vittone en 1740. Incluso en el siglo XX aparecen cúpulas de arcos cruzados. Luis Moya cubre algunos de los espacios más importantes de su arquitectura con estas cúpulas, como la Capilla de la Universidad Laboral de Zamora o la iglesia parroquial de Torrelavega, en Cantabria.

Origen

Son distintas las teorías sobre el origen de estas cúpulas. Las primeras de las que se tiene conocimiento son las de la mezquita de Córdoba, pero por su grado de complejidad y perfección, parece lógico pensar que hubiera habido otras anteriores en las que se habrían basado.

La teoría «oficial» sostiene que las cúpulas de arcos cruzados tienen un origen oriental, sin embargo es una teoría que está sin demostrar. Marçais (1926) plantea la posibilidad de que los arquerías planas hayan podido derivar en el uso de arcos cruzados para las cúpulas: «Le même architecte était, à la rigueur, capable d'imaginer ces deux applications si curieuses du même principe», sin embargo, en el «El arte musulmán» defiende la hipótesis de que provienen de Persia.

Terrasse (1932) considera que su origen está en las arquerías que encuadraban primitivamente las trompas. Los ocho arcos que sujetan el tambor de algunas cúpulas, como la de Kairouan, pudieron pasar de ir de esquina a esquina del octógono, a saltarse dos o tres vértices, y acercándose al centro de la cúpula, se transformarían en nervios. Considera que estas bóvedas debieron aparecer en Mesopotamia o Persia. Tras la publicación de Godard (1949), apoya la teoría de la procedencia persa (Terrasse 1967).

Baltrusaitis, en «Le probléme de l'ogive et l'Arménie», expone las diferencias y similitudes entre las cúpulas armenias y las árabes. Considera que sólo en las cúpulas armenias los nervios son estructurales, mientras que en las de origen árabe son puramente decorativos, comparándolos incluso con los trazados geométricos que aparecen en la ornamentación. A pesar de que los ejemplos más antiguos con este sistema nervado se encuentran en occidente, considera que no es aquí dónde nació, sino que provienen de oriente. Descarta la hipótesis de que las primeras provengan de las segundas, y se decanta por considerarlas dos formaciones independientes y con un desarrollo paralelo: «Les ogives arméniennes et les coupoles d'Islam seraient deux formations indépendantes et parallèles inspirées par un modèle unique, l'une interprétée par des géomètres, l'autre par des architectes».

Lambert (1939) apunta a las cúpulas de la mezquita mayor de Kairouan (836) y de Túnez (864), por su situación cronológica entre la ampliación de la mezquita por Abd ar-Rahman III y Al-Hakam II, como posibles precedentes de las cordobesas. Destaca la evolución entre la cúpula gallonada de Kairouan, y la de Túnez, donde aparecen arcos de perfil rectangular entre los gallones.

Gómez-Moreno propone un posible origen mesopotámico: «hubo de ser allá, en Mesopotamia, región sin piedra ni madera, donde el ingenio suplió tamañas deficiencias creando arcos y abovedamientos fuera de lo normal, de lo clásico: arcos elípticos, que se transforman en apuntados luego, hechos sin cimbras con ladrillos o adobes, y bóvedas por escalonamiento de otros arquillos o por cruce de arcos descomponiendo superficies». (Gómez Moreno 1951).

Galdieri (1981) apoya esta teoría en «Contributi a la conoscenza delle strutture a nervature incrociate»: «universalmente accettata dagli studiosi una generica origine orientale».

Conclusiones

Como se ha visto el número de estudios sobre este tipo de cúpulas es escaso y contrasta con la enorme abundancia de estudios sobre bóvedas góticas. Las mismas preguntas que han sido objeto de debate en las bóvedas del gótico se podrían plantear en las de arcos entrecruzados. ¿Son los nervios estructurales?, ¿Cuál es su geometría?, ¿Qué evolución han seguido?, ¿Han podido influir en el gótico europeo?

Las valiosas contribuciones pioneras de Lambert y Torres Balbás han dejado abierto el debate. Un estudio desde el punto de vista de las técnicas constructivas, dentro del marco de la historia de la construcción, aportaría, sin duda, nuevos datos, y contribuiría a responder algunas de las preguntas anteriores.

Lista de referencias

Almagro, Antonio. 2001. «Un aspecto constructivo de las bóvedas en Al-Andalus». *Al-Qantara* 22: 147–160.

Amador de los Ríos, José. 1877. *Mezquitas llamadas del Santo Cristo de la Luz y de las Tornerías, Monumentos arquitectónicos de España*. Madrid: Imprenta de T. Fortanet y Calcografía Nacional.

Baltrusaitis, Jurgis. 1936. *Le probléme de l'ogive et l'Arménie*. Paris.

Baltrusaitis, Jurgis. 1939. «La croisée d'ogives dans l'architecture transcaucasienne». *Recherche* 1: 73–92.

Basset, Henri, and Henri Terrasse. 1926. «Sanctuaries et forteresses almohades». *Hespéris*: 107–117.

Cerro Malagón, Rafael del, Rosario Díez del Corral Garnica, Pedro Navascués Palacio, and Diego Suárez Quevedo. 1991. *Arquitecturas de Toledo. Del Románico al Gótico*. 2 vols. Vol. 1, *Patrimonio histórico de Castilla-La Mancha*. Toledo: Junta de Castilla la Mancha.

Cuneo, Paolo. 1988. *Architettura Armena dal quarto al diciannovesimo secolo*. Vol. 2. Roma: De Luca Editore

Choisy, Auguste. 1899. *Histoire de l'Architecture*. Paris: G. Béranger.

Ewert, Christian. 1968. *Spanisch-islamische Systeme sich kreuzender Bögen. I.-Die senkrechten ebenen Systeme sich kreuzender Bögen als Stützkonstruktionen der vier Rippenkuppeln in der ehemaligen Hauptmoschee von Córdoba*. Berlín: Walter de Gruyter.

Ewert, Christian. 1977. «Die Moschee am Bab al-Mardum in Toledo. Eine Kopie der Moschee von Córdoba». *Madrider Mitteilungen* 18: 287–354.

Ferre, Luis. 2000. «Bóvedas nervadas en el castillo de Villena». III *Congreso Nacional de Historia de la Construcción, 26–28 de Octubre 2000, en Sevilla.*

Galdieri, Eugenio. 1981. «Contributi alla conoscenza delle strutture a nervature incrociate». *Rivista degli studi orientale* LVII: 61–75.

Galdieri, Eugenio. 1984. *Isfahan*. 3 vols. Vol. 3, *Restorations*. Roma: IsMEO.

Giese-Vögeli, Francine. 2007. *Das islamische Rippengewölbe: Ursprung, Form, Verbreitung*. Berlín: Gebr. Mann Verlag.

Gómez Moreno, Manuel. 1951. *El arte árabe español hasta los almohades; Arte mozárabe* Vol. III, *Ars Hispanie*. Madrid: Plus Ultra.

Gómez Moreno. 1975. *Iglesias mozárabes: arte español de los siglos IX a XI* Patronato de la Alhambra.

Hinojosa Montalvo, J. 1995. *Biar: un castillo de la frontera valenciana en la Edad Media*. Valencia: Área de cultura de la Diputación.

Ibáñez Fernández, Javier. 2007. *Los cimborrios aragoneses en el siglo XVI* Tarazona (Zaragoza): Centro de Estudios Turiasonenses de la «Institución Fernando el Católico».

Lambert, Elie. 1939. La croisée d'ogives dans l'architecture islamique». *Recherche* 1: 57–71.

Lampérez, Vicente. 1930. *Historia de la Arquitectura Cristiana española en la Edad Media*. 2 vols. Vol. I.

Marçais, George. 1926. *Manuel d'art musulman. L'architecture Tunisie, Algérie, Maroc, Espagne et Sicilie*. 2 vols. Paris: Auguste Picard.

Martínez de Aguirre, Javier, and Leopoldo Gil Cornet. 2004. *Torres del Río. Iglesia del Santo Sepulcro*. Edited by D. d. C. y. t. Gobierno de Navarra and I. P. d. Viana.

Nieto Cumplido, Manuel. 2005. *La Mezquita Catedral de Córdoba*. Granada: Edilux.

Pavón Maldonado, Basilio. 2009. *Tratado de arquitectura hispanomusulmana*. 4 vols. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Sutter, Heribert. 1997. *Form und Ikonologie Spanischer Zentralbauten: Torres del Río, Segovia, Eunate*. Weimar: Verlag und Datenbank für Geisteswissenschaften.

Terrasse, Henri. 1932. *L'art hispano-mauresque des origines au XIII siécle*. Paris: Les Editions G. Van Oest.

Terrasse, Henri. 1967. «Les influences orientales sur l'art musulman d'Espagne». *Studia Islamica* 27: 123–148.

Torres Balbás, Leopoldo. 1940. «La bóveda gótico-morisca de la capilla de Talavera de la Catedral Vieja de Salamanca». *Al-Andalus* 5: 1 (Crónicas Arqueológicas de la España musulmana, VI): 174–178.

Torres Balbás. 1949. *Arte almohade, arte nazarí, arte mudéjar*. Vol. IV, *Ars Hispanie*. Madrid: Plus Ultra.

La restauracion barroca de la iglesia de los Santos Juanes de Valencia. La bóveda tabicada que soporta los frescos de Palomino

Manuel Galarza Tortajada

Datos históricos

El templo de los Santos Juanes de Valencia, antiguamente denominado de Sant Joan del Mercat o de la Boatella, estaba ubicado extramuros de la ciudad medieval, junto a la antigua Puerta de la Boatella. Hoy, con su singular decoración barroca, se encuentra formando uno de los vértices del más rico triángulo patrimonial de la ciudad, con la Lonja, gótica, y el Mercado Central, modernista. Fue una de las trece parroquias instituidas por el rey Don Jaime en 1238 tras la conquista de Valencia, la única extramuros de la antigua muralla árabe.

El edificio del templo, dada su larga historia hasta llegar al momento objeto de esta comunicación, ha pasado por diversas etapas, generalmente marcadas todas ellas por los correspondientes incendios, que han dejado huella indeleble en su evolución constructiva y en su riqueza patrimonio-cultural. Si la base estructural del edificio es gótica, datada documentalmente con anterioridad a 1358, un incendio ocurrido a finales del siglo XVI, el 10 de noviembre de 1592, permitirá realizar una ampliación por la cabecera, adoptándose en ese caso, sólo para la ampliación, el estilo renacentista ya vigente en la Castilla de El Escorial.

A finales del siglo XVII y principios del XVIII (1693–1731) se promueve y realiza la reforma interior y exterior del templo, que nos conducirá a la total renovación del mismo, adoptándose una estética barroca, realizada por artífices italianos, para el interior y manierista, realizada por artífices locales, para el exterior, dejándolo sensiblemente en el aspecto que, salvados los avatares de la contienda de 1936, ha llegado hasta nosotros.

Esta comunicación se centra exclusivamente en el estudio de una de las partes de la reforma interior, la construcción de la bóveda tabicada, realizada como soporte de una singular decoración pictórica, ocultando así la estructura gótica, con sus arcos formeros y cruceros, que se conservan intactos.

Las bóvedas tabicadas

La utilización de la bóveda tabicada en las construcciones valencianas se remonta, según técnicamente siempre hemos intuido, dado el dominio que los artífices demuestran en los edificios estudiados, al menos a la época medieval. No debió de ser ajena a su uso la práctica transmitida por la cultura árabe sobre las construcciones de tierra. La comprobación documental así nos lo confirma en algunos casos y los testimonios conservados lo corroboran.

Hasta el momento, los hallazgos documentales nos remiten a finales del siglo XIV. Sabemos que en 20 de febrero de 1382 se concertaba con el maestro Juan Franch la construcción, en el claustro del convento de Santo Domingo, en Valencia, de la Capilla de los Jofré, cuyas crujías debían cubrirse con «voltes de dos rajoles de pla». De 20 de junio del mismo año 1382 es la misiva que el rey Pedro el Ceremonioso

remite al merino de Zaragoza, que está dirigiendo las obras de la Aljafería de dicha ciudad, para que mande operarios a las obras que se realizan en el Palacio Real de Valencia con el fin de que aprendan esta técnica, que considera «fort profitosa, fort espeegada e de pocha messio». Ambos documentos prueban, por el lugar donde se utiliza, que la técnica era sobradamente conocida y generalmente utilizada.

Los documentos antes citados y otros posteriores nos indican que, en general, la bóveda tabicada se utilizaba en recintos de escasa dimensión: espacios de 4×4 ó 5×5 metros como máximo. Así lo comprobamos en el propio templo de los Santos Juanes de Valencia. Datada su construcción, como se ha dicho, con anterioridad al año 1358, se puede asegurar que las obras se iniciaron por el imafronte. En la cubrición de las bóvedas de la nave central, las plementerías entre los arcos cruceros, de cantería, son de ladrillo colocado a tizón —las denominadas bóvedas de rosca—; en las bóvedas correspondientes a las capillas laterales, las plementerías se resuelven mediante fábrica tabicada doble apoyada sobre los cruceros de cantería; en el resto de capillas, sobre este cierre se construirá inicialmente un tejado —de ahí la ausencia de gárgolas originales en ese nivel—. Sin embargo, en la cubierta original del primer cuerpo del citado campanario, ya encontramos que el cierre se realiza mediante bóveda tabicada vaída, con un perfecto despiece en espiral, con el fin de instalar sobre ella la primitiva espadaña del templo (posteriormente, hacia 1640, se elevará el actual cuerpo de campanas).

A finales del siglo XVI, ya disponemos de documentación más abundante. En la enfermería del Hospital General —actual Biblioteca Municipal— se mantiene la característica de utilizar la bóveda tabicada en espacios de escasa superficie, aunque el volumen de la obra es muy interesante.

Del tres de marzo de 1597 es el contrato firmado con el maestro Francesc Anthón —el mismo que había contratado las obras de la enfermería reseñada— para la construcción del antiguo convento de Capuchinos —hoy desaparecido— sito en el Camino (hoy calle) de Alboraya; la cubrición de la iglesia, de unos ocho metros de anchura (treinta y seis palmos valencianos) y unos dieciocho metros de longitud, incluyendo presbiterio y coro (ochenta y dos palmos valencianos), se realiza mediante bóveda de cañón tabicada de doble hoja, con arcos trasdosados, debidamente estribada y enlucida:

> Se ha de hazer la buelta de la cubierta de dicha yglesia, la qual ha de ser buelta por ygual, hecha en dos repartitiones, con hun arco en medio de la dicha cubierta, que no se muestre nada del por la parte de la yglesia... y dicha cubierta ha de ser de taybique doble lafardado, y ensima de la dicha cubierta se han de hazer stribos hasta el tercio de dicha cubierta de medio ladrillo de gruesso paredado de ladrillo y alges hasta el tercio de las bueltas

En 28 de octubre de 1621 se contrata la obra del crucero y capilla mayor de la iglesia de la antigua y desaparecida Casa Profesa (actualmente iglesia de la Compañía) de los jesuitas en Valencia con el maestro Francisco Arboreda. El crucero lo constituyen tres cuadrados de unos diez metros de lado; el cuadrado central vendrá ocupado por la correspondiente cúpula con su tambor circular, y los cuadrados laterales formarán los brazos, que se cubrirán mediante bóveda tabicada apoyada sobre cuatro arcos formeros. Dichas bóvedas, que cubrirán una superficie aproximada a unos cien metros cuadrados cada una, serán de las denominadas vaídas, puesto que claramente se dice que «en les capelles collaterals se hachen de fer unes voltes que arranquen dels carcañols de dits archs de punt forneri»

Su espesor será de tablero doble («doblant dites voltes de dos dobles»), pero dejando en el centro un orificio («deixant en lo mig una boca de setze pams de llum») de unos tres metros y medio de lado, para lo cual será necesario reforzar dicha zona trasdosando el tablero mediante unos arcos cruceros que transmitan a las esquinas los esfuerzos recogidos por el anillo central: «fent sobre aquella uns archs de tardosa de una rachola y de duella de rachola y miga arrancant dits archs de rinco a rinco y en lo mig fen un anell de la mateixa duella y tardosa dels dits archs».

Y todo ello con la única finalidad de poder construir, sobre las dichas bóvedas, unas linternas de los indicados tres metros y medio de diámetro y siete metros y medio de altura (unas verdaderas cúpulas), lo cual supondría una apreciable carga. «que sobre les voltes de les capelles collaterals se han de fer dos llanternes de altaria de trenta tres pams ab la copula».

El cronista nos dirá luego que estas linternas no se llegaron a construir, más por el temor que los jesuitas tuvieron de que las bóvedas no soportasen tal carga, que no por la inseguridad del constructor, que confiaba plenamente en su trabajo y así había preparado la estructura.

El contrato

Cuanto hasta aquí he apuntado no tiene otro objeto más que confirmar el grado de perfección alcanzado por los maestros en la ejecución de las bóvedas tabicadas, el perfecto entendimiento de la funcionalidad estructural de estas fábricas, colocando los estribos y contrafuertes en los lugares adecuados para contrarrestar los esfuerzos, y la seguridad y confianza en este sistema de cubrición, atreviéndose paulatinamente a abordar nuevos y espectaculares retos constructivos. Y así llegamos a la obra que nos ocupa.

El contrato concreto que en esta comunicación pretendo comentar, es un documento muy detallado en su descripción. Consta de XXXVIII Ittems, más la correspondiente introducción, y está fechado en 14 de noviembre de 1693 (Apéndice Documental). Solamente haré referencia a aquellos apartados donde se explica la forma de ejecutar la bóveda, que servirá de soporte a todo el programa iconográfico que se deberá pintar sobre ella. Se trata de la construcción de una bóveda tabicada, de diez y seis metros de luz, diez centímetros de espesor medio y unos mil doscientos metros cuadrados de superficie, construida por debajo de los arcos formeros y las crucerías góticas, no sólo sin eliminar estos elementos estructurales de la primitiva obra, sino incluso sirviéndose de ellos para minimizar las tensiones del nuevo elemento incorporado. A este nuevo elemento constructivo no se le asigna sobrecarga ninguna; sólo se le exigirá la rigidez necesaria y suficiente para soportar su propio peso La posibilidad actual de poderla analizar directamente, nos permitirá interpretar algunos de los párrafos que pudieran quedar en una dudosa incomprensión, analizar las técnicas constructivas utilizadas para su ejecución y confirmar el perfecto conocimiento técnico, no solo de los esfuerzos que dicha bóveda debía soportar, sino incluso de las posibles patologías derivadas que le pudieran sobrevenir, y así proceder previamente a su adecuada compensación estructural.

En el Ittem XII se dice: «La Esglesia es renovara per dins en el modo y conformitat y advertencies seguents». Y siguen unas especificaciones sobre la forma como deben desmontarse los retablos y elementos existentes, previo al inicio de los correspondientes trabajos.

Será luego, en el Ittem XIX, donde claramente se describa, con todo detalle, la forma de ejecutar los trabajos y los materiales que se deberán utilizar para la ejecución de la bóveda. En el Ittem XX complementa la forma de realizar la bóveda del ábside.

De acuerdo con esta descripción, vamos a analizar punto por punto la forma como se ejecutó la bóveda y sus singularidades constructivas.

«En la nau de la Esglesia se ha de fer un cano de volta de alchup sens resalts de archs sino en lo toral». Estamos ante la construcción de una bóveda, en este caso tabicada, por lo que luego veremos, cuya forma es de medio punto de cañón seguido (volta de alchup), sin arcos resaltados vistos (sens resalts de archs), y que abarque desde la portada de los pies hasta el arco toral que divide la nave del presbiterio, el cual arco sí debe resaltar (sino en lo toral), en una iglesia cuya estructura es gótica y sus paredes y arcos son de sillería.

Para la construcción de dicha bóveda deberán seguirse las siguientes especificaciones: «fer una regla en cada duella dels archs dos dits mes amunt de les aristes, de mig pam de alsada, y poch mes de dos dits de fondo, corrent estes regates de damunt la cornisa hasta els tersos de dits archs, de modo que els dits dos dits de masis que ha de haver entre les aristes tambe se han de proseguir hasta els tersos dels archs».

Es decir, la nueva bóveda arrancará prácticamente en el mismo punto que la bóveda gótica, para lo cual es necesario hacer una roza (una regla) longitudinal en los muros laterales. La bóveda tabicada será tangente en el arranque con los arcos formeros, de ahí que la susodicha roza o rebaje, en su encuentro con dichos arcos formeros, deberá subir hasta el tercio de los mismos («hasta els tersos de dits archs»). Hay que tener en cuenta que los arcos formeros, apuntados, tienen en la arquitectura valenciana un peralte muy tendido, por lo que la curvatura del arco/bóveda de medio punto coincide tangencialmente en dicho tercio prácticamente con el intradós del arco apuntado.

La nave gótica recibe la luz desde unos ventanales situados en los vanos de los muros laterales. En un principio podríamos pensar que es necesario conservar dichos ventanales para iluminar el nuevo buque del templo. La arquitectura gótica confiere al ventanal una estética dimensional muy diferente a la que establece el barroco: la esbeltez del gótico, en este caso, triplica el dimensionado del correspondiente ventanal rectangular; en este caso se soluciona de

forma muy expedita: cegando el tercio inferior y despreciando el tercio superior, el cual, tras la formación de los lunetos («fent llunetes sinch o sis pams mes baixes que els tersos»), servirá como registro ventilador entre ambas bóvedas: «les voltes es faran de un arch a altre en tres dits de ensarchament, fent llunetes sinch o sis pams mes baixes que els tersos per a que taja mes camp per a pintar».

Sin embargo, la principal razón que se aduce para realizar lunetos en la nueva bóveda no es el aporte de luz al interior del templo, sino aumentar la superficie pictórica de la misma («per a que taja mes camp per a pintar»).

De forma consciente o inconsciente (yo creo que consciente) la construcción de los lunetos se aprovecha, en este caso, para dotar la sutil cáscara de la nueva bóveda de unos arriostramientos complementarios situados en los tercios de su desarrollo.

En la construcción de dicha bóveda deberán cumplirse ciertos condicionantes, cuya explicitación debería parecer obvia: su superficie deberá ser uniforme, sin abolladuras ni hondonadas («ben montades, sens garrots, fondos ni alterons») puesto que debe servir de base para recibir la prevista pintura. Sin embargo se tiene conciencia de la dificultad de la ejecución, y se le admitirán al maestro posibles variaciones en el trazado geométrico («acostantse lo mes que se puga al redó»). La especificación es clara y correcta, habida cuenta que todo ello debe conseguirse sin utilizar cimbra, es decir, trabajando «al aire».

Evidentemente debió de existir un primer trazado básico, realizado, según era costumbre, donde existía un plano para trazar su curvatura, es decir, sobre el muro testero, desde donde se partiría para conformar la bóveda. Y digo que *según era costumbre* porque, para la ejecución de las bóvedas tabicadas se confía el apoyo de las mismas exclusivamente a la línea de salmeres o arranques, sin dotarlas de apoyo alguno en las zonas de cierre. En el testero de partida no se abre roza alguna, en él se marca la forma del encuentro de la bóveda con el paramento; si éste es normal al eje de la bóveda (como aquí ocurre), la misma cercha de construcción servirá para marcarlo. Una vez marcada esta intersección, puede empezarse la construcción, pero, para facilitar el trabajo, se traza y forma una arista, mediante la cimbra flexible, que sirva de apoyo a la primera hilada de la bóveda, pero sin realizar roza alguna. Así lo podemos aún hoy observar en la bóveda de referencia.

Es fácil adivinar que, con esta forma de trabajo, sería poco probable que se cumpliese el condicionante de «sin irregularidades». Y así, solo cuando, durante la restauración que se está realizando de las pinturas, hemos podido acceder a la bóveda, vemos que su superficie no es continua sino alabeada, con muchas irregularidades, hoyos y salientes, e incluso con una apreciable irregularidad, que hace que entre las bóvedas (la tabicada y la gótica) no haya un perfecto paralelismo, sino que son convergentes desde la cabecera hacia el arco toral.

Una vez preparado el apoyo, se debe proceder a la construcción de la bóveda. Para ello nos proveeremos de ladrillos gruesos («rachola grosa») los cuales, introduciéndolos en las antedichas rozas («que entre en dites regates»), consoliden ese primer tramo y restituyan el rebaje que habíamos hecho en los arcos («carechen en els archs»). Los primeros ladrillos, situados en el punto de tangencia entre ambas curvas, requieren de un tratamiento específico: deberemos rebajarlos en forma aflautada («escafant dites racholes»). «dites voltes es faran de cloenda de rachola grosa, que entre en dites regates, escafant dites racholes per a que la volta vinga a carechar en els archs».

También los restantes ladrillos que conforman la hoja inferior deben reunir unas características especiales, teniendo en cuenta el lugar donde se van a colocar y la función que deben desempeñar, que no es otra que recibir el enlucido que servirá de soporte de la pintura al fresco prevista; por eso, deberán de fabricarse con la superficie vista pasada de raedera, con el fin de que se marquen hendiduras en los mismos («pasant de ganivet de raure al temps de ferla»), para que mejor agarre el enlucido («per a que agarre be el algeps»). «que la rachola de la cloenda de la volta de la Esglesia y cap de altar hatja de estar a regates per la cara de baix, pasant el ganivet de raure al temps de ferla en lo racholar per a que agarre be el algeps».

Es evidente que una bóveda de diez y seis metros de luz no se puede cubrir, sin cimbra ni encofrado, con un solo tablero de ladrillo, por eso deberá doblarse («doblant de rachola grosa»). Y esta operación de doblado deberá hacerse a la vez que se ejecuta la primera hoja («al temps que es faran dites voltes»). «Y al temps que es faran dites voltes se aniran doblant de rachola grosa, que vinguen les juntes encontrades».

Nos está indicando la forma correcta y usual de construir una bóveda tabicada: ir doblando, a la vez que se construye el primer tablero, con un segundo tablero. Esta forma de reiterar en las condiciones del contrato el modo como deben ejecutarse los trabajos, aún a sabiendas de que el maestro es conocedor de la correspondiente técnica o costumbre, estaba muy generalizada; de ahí que el estudio de los contratos de obra, en algunos casos, sea el mejor método para conocer las técnicas constructivas utilizadas en la época.

Aún así debió de parecer, como así lo era, a los artífices que ejecutaban la obra que la resistencia del tablero resultante era insuficiente para soportar la carga prevista, que, como se ha dicho, no era otra que su propio peso. Por eso se establecen unos refuerzos complementarios situados en lugares muy concretos: «es posaran unes faixes de dos racholes de ample per cada costat de arch, de manera que dit doble y faixes entren en les regates dels archs. Y ademes de estes faixes, se han de fer altres per damunt els formers de les llunetes; altres de cada corona de former a la altra corona de former colateral, per damunt les llunetes; altres que abraçen cada lluneta; y altra per lo mig de la volta de cap a cap; y es llafardara tot de algeps per damunt, falcant molt be les regates».

Es decir, una vez realizada la bóveda y doblada, se colocará en algunas zonas, perfectamente definidas, unos refuerzos trasdosando el tablero. Dichos refuerzos se colocan unos transversales a la directriz de la bóveda y coincidiendo con los arcos formeros de la estructura gótica («dos racholes de ample per cada costat de arch»), otros reforzando las aristas de los lunetos («altres per damunt els formers de les llunetes»), y otros que enlacen longitudinalmente los refuerzos tranversales («de cada corona de former a la altra corona de former colateral»); evidentemente, todos estos refuerzos deberán estar realizados con ladrillos y perfectamente enlucidos.

Con estos refuerzos podríamos pensar que quedaría ampliamente solucionada la resistencia de la referida bóveda. Pero debieron de pensar los maestros que, en el hipotético caso de que se colapsase la fábrica, evidentemente debido a su propio peso, puesto que no estaba preparada para recibir otra sobrecarga, cuál sería la forma y el lugar por donde se produciría su rotura. El mero hecho de plantearse esta duda ya supone un perfecto dominio de la forma como se entendía el trabajo de la bóveda; pero mucho mayor dominio de la estática y de la compensación de los esfuerzos supone la solución adoptada. Sabido es que la rotura de un arco o una bóveda, debida exclusivamente al peso de la propia fábrica, se produce con un hundimiento de la clave y el desplazamiento hacia fuera de los denominados «riñones»; el contrarresto de estos esfuerzos es lo que aconseja y exige macizar los senos hasta los tercios del desarrollo de la bóveda para compensar la correspondiente presión. En este caso, donde ya se ha dicho que no se rellenaron los senos, la compensación de las presiones se confía a unos elementos que, trabajando a compresión, las transmitan a los cruceros de la estructura gótica. Y así se ordena: «es faran peus drets paredantlos y travantlos de rachola y algeps, com se demostra en lo perfil en les linies de puntets ... que dits peus se han de trabar ab trabes de rachola y taulells grans de dos pams y mig contra eo en els archs».

Este es el punto a donde quería llegar con la exposición realizada de esta comunicación. Se ordena, y se ejecutan, unos pilares que, trabajando a compresión, compensan los posibles efectos producidos por una hipotética rotura de la bóveda debida a su propio peso. Hemos visto que la bóveda ha quedado anclada a los arcos formeros hasta el tercio de su trazado y que la propia construcción de los lunetos aumenta los arriostramientos; con esto, en principio, podríamos pensar que era suficiente para compensar los esfuerzos transmitidos por la clave. Pero el espesor de la bóveda es tan liviano [sólo dos ladrillos], aún a pesar de los refuerzos trasdosados, que pudiera ocurrir que las reacciones debidas al peso de la propia fábrica no estuvieran suficientemente compensadas, produciendo deformaciones imprevisibles: la solución pasa entonces por colocar un elemento que, trabajando a compresión, arriostre contra la estructura existente los posibles empujes de la nueva bóveda. Y esto es lo que se hace. Por eso se concluye que dichos pilares actuarán de forma que, «asegurant be les voltes en dites trabes y estreps, de modo que no puguen pandechar».

Hay una «orden» dentro del mismo epígrafe al que nos estamos refiriendo que, en el caso de la bóveda de la iglesia de los Santos Juanes, no se llegó a realizar, seguramente porque ya entonces no se vio su utilidad, a no ser que ya se considerase entonces como posible elemento causante de futuras patologías. Me estoy refiriendo a aquel párrafo en el cual se ordena

que se le ponga a la bóveda colgantes de hierro («penchants de ferro»): «en mig de dits archs y dels crehuers se posaran penchants de ferro del modo y forma tants quant daran els elets».

No llegamos a entender ahora tampoco dónde y cómo se deberían colocar estos colgantes de hierro. Tampoco entendemos cuál es, o se pretendía que fuera, su función. La conclusión a la cual hoy podemos llegar, como seguramente llegarían los artífices entonces, es que parece de todo punto ilógico que estemos construyendo una bóveda y, al propio tiempo, la estemos suspendiendo —colgándola— de una estructura secundaria.

Conclusión

Si de reto técnico podemos considerar la construcción de una bóveda tabicada de dieciséis metros de luz con un espesor de tablero de tan solo 10/12 centímetros, más considero digno de admiración el grado alcanzado por los maestros de obras de aquella época para comprender el funcionamiento y la incidencia de los esfuerzos transmitidos por este elemento constructivo y la forma de compensarlos.

Sabido es que durante el siglo XVII se intenta encontrar explicaciones racionales a ciertos fenómenos, cuya realidad se ha asumido sin el adecuado procesamiento científico. Uno de los problemas planteados y cuya solución se pretende encontrar es el de la estática de las estructuras: establecer una teoría científica. Los científicos, se dice, intentan en esa época sistematizar y establecer un conjunto de reglas para explicar soluciones y usos ya generalizados en la práctica. Pero estos principios ya estaban establecidos y tabulados previamente por las agrupaciones gremiales, fundamentadas exclusivamente en el puro empirismo; y así podemos comprobar que, en los contratos de obra, no solamente se establecen las dimensiones de los elementos estructurales (cimientos, muros, estructura de cubiertas o espesor de las bóvedas), sino incluso las proporciones de cada parte del entablamento ornamental, para adecuarlo al «estilo» deseado, expresado en las unidades vigentes (vara, pie, palmo, pulgada, etc.); el maestro dispone, desde hacía tiempo, de una verdadera tabulación de los distintos elementos para poder abordar los problemas que le plantee la obra, aunque aún no entienda la verdadera razón de sus enunciados: son reglas o «dogmas» que hay que seguir, si se quiere conseguir la calificación de «obra bien hecha». En los dictámenes sobre patologías vemos que se recurre generalmente a la autoridad de los autores que establecieron por escrito dichas reglas (Vitruvio, Alberti, Palladio, etc.). Los primeros intentos de concretar los análisis y ensayos en formulaciones matemáticas no llegarán hasta bien entrado el siglo XVIII.

En el caso concreto que nos ocupa: la iglesia de los Santos Juanes, su ubicación en Valencia y la época en que se producen las obras, hemos de tener en cuenta varios factores que podrían influir en la racionalidad de la solución adoptada. Por una parte, en el momento histórico del cual tratamos, se está gestando en la ciudad de Valencia un movimiento científico, liderado por prestigiosos intelectuales: teólogos, filósofos, matemáticos, físicos, geómetras, etc.; me estoy refiriendo a los Novatores. Dentro de este grupo encontramos la figura, entre otros, del clérigo Tomás Vicente Tosca. El equipo de Novatores es precisamente el que diseña y regula la reforma barroca del interior del templo de los Santos Juanes. Los Novatores deben conocer, respecto a la arquitectura y construcción, los intentos científicos que se desarrollan y publican tanto en España como en Francia o Italia (Fr. Lorenzo de San Nicolás [1639 y 1664], Simón García [1681–1683], Nicholas Blondel [1675], y hasta tal vez los informes elaborados por Carlo Fontana). Los artífices del programa iconográfico, los canónigos Vicente Vitoria, pintor, y Antonio Pontons, pertenecientes también al círculo de los Novatores y apasionados por el barroco genovés, consiguen la colaboración de los artistas italianos Giacomo Bertessi y Antonio Aliprandi, quienes realizan la decoración escultórica del interior del templo. La decoración pictórica de la bóveda será obra del pintor de cámara Antonio Acisclo Palomino. El padre Tosca pubricará su Compendio mathemático entre 1707 y 1715, y no sería extraño que alguna de las conclusiones de su Compendio estuvieran inspiradas y experimentadas en las distintas construcciones en las que colaboró, entre otras la anteriormente reseñada.

Que el cuerpo técnico «agremiado» en las nacientes Academias no había llegado a entender el funcionamiento estático de las estructuras abovedadas, nos lo demuestra la circunstancia que, pocos años después de los hechos que relatamos, se produce en una de las obras de la provincia de Valencia. El 20 de septiembre de 1744 se coloca la primera piedra del

nuevo templo parroquial de San Pedro, de la localidad valenciana de Tavernes de la Valldigna. Se trata de un templo de tres naves, crucero con cúpula sobre tambor octogonal y presbiterio. La nave central consta de dos crujías cuadradas, de diez metros de lado, cubiertas mediante bóvedas tabicadas vaídas; las naves laterales se cubren con bóvedas tabicadas de arco rampante actuando como contrafuertes de arriostramiento. El autor del proyecto nos es desconocido, pero es evidente conoce y participa de los criterios enunciados por la vigente Escuela de Matemáticas valenciana (los Novatores), entre cuyos postulados se establecía que la arquitectura se fundamentase en una amplia base científica y no en el abuso del ornamento; también conoce las enseñanzas emanadas de las contemporáneas Academias de Ingeniería francesas que permiten, apoyados en los avances científicos sobre la nueva geometría descriptiva y las especulaciones aritmético-matemáticas, novedosos retos constructivos basados en la utilización de arcos y bóvedas. Pero estos conocimientos teóricos, evidenciados en el proyecto, no encontraron el correspondiente apoyo técnico que solucionase satisfactoriamente los esfuerzos derivados de las atrevidas propuestas arquitectónicas. No hay una correcta cuantificación de las cargas, ni una adecuada transmisión de las mismas al terreno, a través del correspondiente dimensionado de las cimentaciones y los contrafuertes. Y así, al poco de concluirse las obras, ya aparecen los primeros síntomas de inestabilidad estructural, que obligarán a sucesivas intervenciones con síntomas alarmantes, documentadas ya en 1784, que culminan con una lógica intervención, realizada en 1790 por el Maestro de Obras Miguel Carcasona, consistente en rebajar los arcos laterales y aumentar la sección de los contrafuertes. A pesar de esta intervención, la Real Academia de San Carlos, en fecha 18 de julio de 1791, emite informe, firmado por el arquitecto académico Don Vicente Gascó, en el cual se concluía «que ya no admite esta iglesia ninguna reparación» y aconseja demolerla y «que se haga nueva iglesia». Hoy podemos decir que la solución del maestro Miguel Carcasona fue efectiva, y gracias a la cual podemos hoy seguir disfrutando de la obra.

No puedo dejar de lado la aportación de los generalmente olvidados verdaderos artífices de las obras: los albañiles o maestros de obras. Los cronistas hablan de que todas las obras de albañilería correspondientes a la citada transformación barroca se deben al «albañil de Requena» Vicente García, olvidándose del numeroso equipo que él dirigió, compartiendo responsabilidades. El 14 de noviembre de 1587 se capitula con el citado Vicente García, villae opperarius, «la obra que se ha de fer en la Esglesia Parrochial de Sant Joan del Mercat de la present Ciutat de Valencia». Pero firman como fiadores solidarios Antonio Garçía, Faustino Sancho, Blas Dauder, Domingo Calbo, José Muños, Joan Simón y Miguel Teixidor, villae opperarii, vecinos también de la villa de Requena. Si Vicente García fue un reputado artífice presente en otras importantes obras en la época, no lo fueron menos algunos de sus colaboradores en el trabajo reseñado.

La historia de la construcción es el compendio de los logros y fracasos de unos procesos empíricos aplicados, en ocasiones de forma temeraria, en la ejecución de las obras; pero esta sucesión de experiencias, debidamente razonadas y sedimentadas, sin el apoyo de bases científicas conocidas, puesto que las correspondientes ciencias todavía no estaban suficientemente desarrolladas, transmitidas de generación en generación, forman el sustrato cultural de nuestra profesión, cuya vigencia histórica parece peligrar con las últimas reformas universitarias.

Apéndice documental

Documento nº 1. Capitulaciones de la obra de renovación interior del templo de los Santos Juanes con el maestro Vicente García.

A.P. P.V.: Protocolo nº 1.587
Notario: Francisco Blasco.
1693, 14 de noviembre.

(Constan dichas capitulaciones de una introducción y 38 apartados. Está escrita en lengua valenciana. En este caso sólo se reproducen aquellos ittem. en los cuales se describe la construcción de la bóveda, que es el objeto de esta comunicación. Se traducen al castellano para general comprensión).

XIX.—Ittem. En la nave de la iglesia se ha de construir una bóveda de cañón seguido, sin resaltos de arcos, excepto el toral, y se ejecutará de esta forma: se ha de ejecutar una roza, dos dedos por encima de las

aristas de las dovelas de los arcos, de medio palmo de ancho y poco más de dos dedos de fondo, prolongando estas regatas por encima de la cornisa hasta los dos tercios de los arcos, de forma que los referidos dos dedos de macizado que ha de haber entre las aristas y las regatas también se han de continuar hasta el tercio de los arcos. Y, así mismo, se harán regatas en todos los [arcos] formeros de los lunetos y en [el muro] frontal de la O (fachada de los pies, por su parte interior), de tres dedos de hondo y medio palmo de altura; luego, se construirán las bóvedas entre los arcos, con tres dedos de saliente, haciendo lunetos de cinco o seis palmos más bajos que los tercios [de la bóveda] con el fin de que se tenga más superficie para pintar. Y las antedichas bóvedas se construirán [en su primera hoja] cerrándolas con ladrillos gruesos, que entren en las referidas regatas, rebajando los ladrillos con el fin de que la bóveda caree [coincida en su perfil] con los arcos. Y al mismo tiempo que se irán construyendo las bóvedas, se doblarán con ladrillos gruesos con las juntas contrapeadas. Y, así mismo, se harán una fajas, de dos ladrillos de anchura, por cada lado del arco, de forma que tanto el doblado como las fajas entren en las regatas de los arcos. Y además de esta fajas, se han de hacer otras encima de los formeros de los lunetos; otras desde cada columna del formero al siguiente formero por encima de los lunetos; otras que abracen cada luneto; y otra en medio de la bóveda de parte a parte; y se enlucirá todo de yeso por encima, rellenando muy bien las regatas. Se tendrá en cuenta ocho condiciones:

19–1.—La primera, que los ladrillos que cierran la bóveda de la Iglesia y ábside [las que forman la primera hoja] tengan ranuras por la parte de bajo, pasando la raedera al fabricarlas para que se adhiera bien el yeso.

19–2.—La segunda, que la montea de las referidas bóvedas ha de pasar por [ha de coincidir con] los tercios de los arcos, separándose de los mismos de allí hacia arriba, haciendo en dichos arcos escalones de dos dedos con el fin de que descanse el cerramiento [de la bóveda], el doblado y los fajones que se han de poner debajo de los arcos, según se aprecia en la traza.

19–3.—La tercera, que las referidas bóvedas estén bien construidas, sin irregularidades, hoyos ni salientes, aproximándose al máximo al círculo, pero rebajándolas más de lo que se aprecia en el perfil.

19–4.—La cuarta, que las antedichas fajas que corren por los lados de los arcos han de seguir también y recorrer la bóveda después de haber abandonado el arco.

19–5.—La quinta, que al tiempo que se dejan las trabas de los lunetos, que se han de situar coincidiendo con las pilastras, se han de dejar trabas contra los arcos, de ladrillo y yeso, tabicando y forjando cuanto sea menester hasta adoptar la circunferencia de los formeros.

19–6.—La sexta, que se han de poner estribos de medio ladrillo y yeso entre los lunetos y los arcos hasta los tercios de las bóvedas, de la forma como se acostumbra, haciendo también estribos de tabique doble sobre los lunetos y cuantos estribos sean necesarios para la mayor seguridad [de la obra].

19–7.—La séptima, que el zócalo que se aprecia en la traza no se resaltará [de obra] porque se hará pintado, pero se construirán pilares de ladrillo y yeso, según se aprecia en la sección con lineas de puntos.

19–8.—La octava, que dichos pilares se han de trabar, con enjarjes de ladrillo de dos palmos y medio, contra los arcos; y en las claves de los arcos y de los cruceros se colocarán colgantes de hierro, de tal modo y forma y en la cantidad que darán los electos, apeando bien las bóvedas con las antedichas trabas y estribos de forma que no puedan pandear.

XX.—Ittem. La bóveda del ábside se construirá de la misma forma [que la de la nave], trabándola en los cruceros y en las bóvedas viejas, dejando lunetos a la misma altura que los de la nave de la iglesia, y procurando que las aristas de dicha bóveda, debidas a la compartimentación de la misma, se suavicen desde los lunetos hacia arriba para que se pueda pintar y no haya rompimientos, pero de forma que todo quede con total seguridad. Teniendo en cuenta cuatro cosas:

20–1.—La primera, que entre garra y garra de cada luneto del ábside ha de haber la misma distancia que el ancho de las pilastras, y si es posible un poco más.

20–2.—La segunda, que en la bóveda del ábside no se han de apreciar resaltos en los arcos ni en los cruceros, sino que sea toda lisa, del mismo modo que en la nave de la Iglesia no ha de haber resaltos de los arcos, excepción hecha del arco toral, que ha de resaltar medio ladrillo, aumentando las correspondien-

tes pilastras lo mismo, trabando y asegurando el referido arco toral con trabas de hierro y ladrillo.

20–3.—La tercera, que todos los trozos de la bóveda del ábside que se encuentren degradados o falseados se harán nuevos, procurando hacerlos de forma más correcta de como ahora son, dejando en todas [las secciones de bóveda] agujeros para que circule el aire.

20–4.—La cuarta, que se realice con mucho cuidado el refuerzo de las referidas bóvedas y arcos, con el fin de que queden fortificados y no se degraden en un futuro.

Evolución constructiva de la fortaleza de Altamira, del documento escrito al edificio

Carlos J. Galbán Malagón

Se ha creado un metarrelato sobre la destrucción de la mayoría de las fortalezas gallegas en el convulso contexto de la revuelta irmandiña. Muchas destrucciones sí podrían ser atribuibles a ese momento, pero no es posible convertirlo en piedra de toque que explica cada destrucción o reforma. Por ello, la historia y evolución de las fortalezas resulta difícil de esclarecer atendiendo sólo a la documentación medieval. Parece lógico proyectar un uso amplio del registro para intentar analizarlas con toda su historia constructiva, vicisitudes y cambios funcionales, pues conociendo qué fue añadido o quitado podemos llegar a constatar qué había en origen en cada fortaleza.

En nuestro caso, la fortaleza de Altamira (Brión, A Coruña), desaconsejaba centrarse en la documentación medieval debido a su diacronía, sus orígenes poco claros y su ubicación. A ello se añaden lagunas y carencias que dificultan hallar documentación útil. Por otro lado, Altamira permite un análisis arquitectónico. Desdeñar las posibilidades de combinar el documento escrito con el construido en aras de una interpretación común implicaría no entender realmente la fortaleza. Aunar ambos análisis permite entender qué procesos jalonan la historia de la fortaleza, cuándo se produjeron y cómo se reflejan en el edificio.[1]

Análisis de los restos arquitectónicos e identificación de procesos edilicios

Analicemos de modo sintético aquellos datos objetivos que aporta el edificio. Presenta una planta poligonal irregular con un perímetro rectilíneo con ángulos obtusos. La fortaleza muestra cuatro grandes procesos constructivos caracterizados al margen de la documentación.

Primer proceso

Identificado como asentamiento de la fortificación. Consiste en la edificación del sector A y, probablemente, un sistema de murallas o parapetos relaciona-

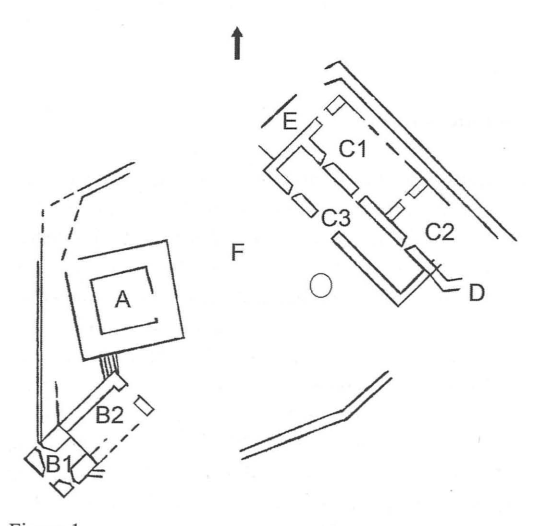


Figura 1
Croquis de la fortaleza y sus sectores

dos de los que no existen vestigios en alzado, si excluimos el parapeto exterior. Éste circunda un perímetro de 184 m delimitando un área de unos 2971,88 m^2, pero con una anchura variable configurando un espalto continuo de entorno a 7,50 m al norte, mientras que la zona sur las longitudes se mueven en márgenes menores. No hay otras evidencias de una fortificación precedente.

Se trataría de un recinto de poca superficie del que sólo resta A. Ésta, por su posición cercana al acceso y su ejecución, resulta más recia que el resto de estructuras observadas con muros de entorno a 2.80 m de ancho. Los lienzos al exterior muestran una fábrica en la que son evidentes numerosos engatillados y el uso de hiladas de regularización. Al interior presenta mayor homogeneidad con hiladas regulares y sillares de menor tamaño. La existencia de unas escaleras adosadas, entre A y B1, permite plantear que el acceso a la estructura se haría por el lienzo occidental. El trazado del recinto murario original, de menor entidad que el actual, partiría de la torre, en dirección a B1, ya que a partir de las escaleras y el lienzo norte de B2 se crea un espacio ante A que no tendría sentido de no existir algún tipo de defensa ante A. Este hecho es independiente de la cronología de las escaleras. El trazado actual no parece tener una lógica defensiva que no se explique por la existencia de estructuras previas que se quisieron amortizar posteriormente. Además, hay vestigios al norte de A que evidencian la continuidad de la muralla exterior sin unirse a A.

Segundo proceso

Ejecución de una remodelación profunda de las defensas, que afecta a todo el conjunto, con la creación de la muralla actual y la edificación de varias torres en los ángulos (B, D y, probablemente, E). Este proceso se relaciona con una ampliación de la superficie del recinto. Respecto a las estructuras al oeste (B). B1 es anterior al actual muro exterior (aunque la unión entre estructuras parece haber sido alterada por la restauración), mientras que B2 se une directamente a B1 amortizando parte del espacio lo que podría relacionarse con algún cambio estructural difícil de delimitar. El paralelo del ingreso de B2 con el despiece del acceso a C1 podría apoyar una coincidencia cronológica.

Las estructuras D y E parecen ser independientes del conjunto C. La planta rectangular de C permite identificarlas como torres esquineras. Así, los restos de muro en C2, que parecen alinearse con el antecuerpo, pertenecen en realidad a otra estructura (D). No obstante, la disposición de E resulta problemática ya que parece que se relaciona con el sistema de entrada al interior del recinto del que no hay vestigios suficientes. D se diferencia radicalmente en planta y fábrica del resto de estructuras pero sólo es comprensible como torre esquinera realizada de modo independiente de C. C3 presenta cierta unidad funcional como cuerpo constructivo pero la ejecución desigual en su unión con D indica un intento de adaptar y unificar ambas fábricas demostrando su posterioridad.

Tercer proceso

Amortización de parte del espacio amurallado, entre D y E, para crear un espacio residencial amplio (C). Éste pudo empezar a ejecutarse en el mismo momento que lo elaborado en el proceso anterior, pero la ejecución y finalidad de este espacio recomiendan considerarlo aparte, dado que el segundo y tercer proceso pudieron tener lugar dentro del mismo proyecto pero son procesos diferenciados: C1 muestra evidencias de haber aprovechado estructuras preexistentes (unión entre C1 y D y acceso interno desde C1 a E). Las estructuras del sector C están bastante alteradas por lo que el tercer proceso constructivo presumiblemente continuó cuando el segundo ya había finalizado.

El aljibe de la fortaleza parece asociado a las estructuras de este proceso. Se plantea como hipótesis su coincidencia cronológica con la ejecución de la fachada de C1 y no con C3 dado que los paramentos del aljibe se realizan con una sillería cuidada mientras que la ejecución de C3 es en una mampostería de baja calidad.

Cuarto proceso

Reforma profunda de C para acondicionar y ampliar aún más el espacio, compartimentándolo y añadiendo un antecuerpo (C3) y una planta más a C1. Se añade un muro medianero que configura el ámbito C2. La esquina norte de la planta primera evidencia un refuerzo para dar solidez a un edificio configurado a

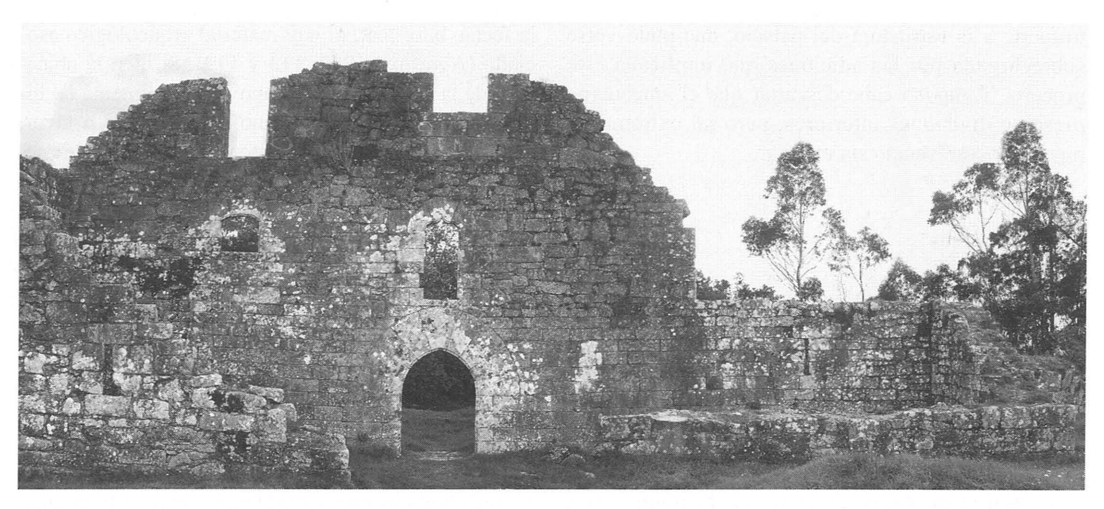


Figura 2
Visión frontal de la fachada de C que evidencia la sucesión del tercer y cuarto proceso

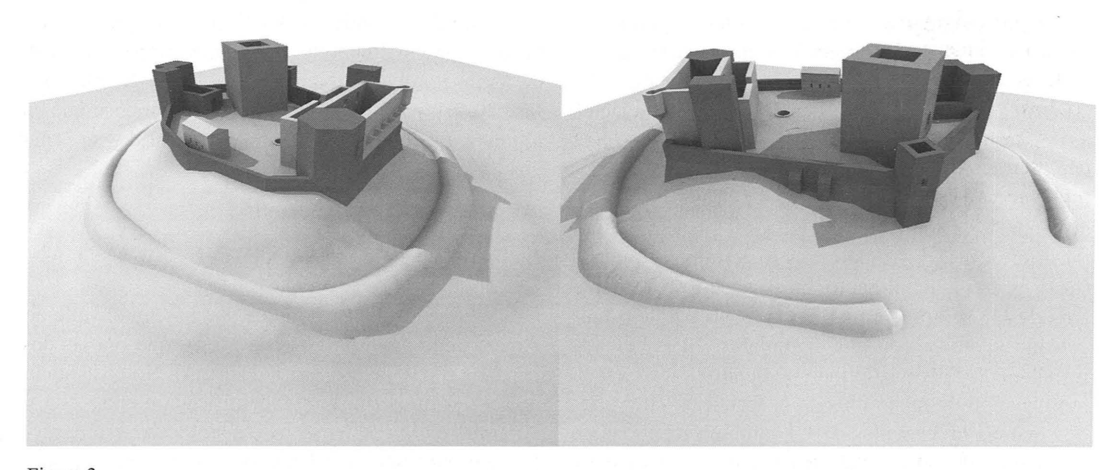


Figura 3
Reconstrucción hipotética de la fortaleza y sus procesos constructivos (realizada por Julio J. Guardado Díaz)

partir de adosamientos a otros. Esta esquina no parece prolongarse más allá de la primera planta. Los desperfectos que evidencia todo el sector sur del palacio (especialmente C2) en la fábrica, muestra una serie de reparaciones que se combinan con alteraciones en los vanos y un evidente alineamiento horizontal en los muros de la planta primera. Tales alteraciones sólo tienen sentido si se realizó un corte en la fábrica de la fachada de C1, consiguiendo un lecho de colocación para realzarla y configurar una segunda planta. El antecuerpo que enmascara la fachada de C1 duplica el espacio disponible y sirve como con-

trafuerte a la estructura del palacio, que pudo verse sobrecargada por las adiciones que implicaba este proceso. Tampoco cabe descartar que el antecuerpo presente divisiones interiores, pero tal extremo no puede ser confirmado sin excavar.

Otros procesos

Como procesos de detracción estarían las fases de abandono y demolición parcial de estructuras. También se constata una restauración bastante localizada que se evidencia especialmente en C y B1. En este último se evidencia el relleno que ha sufrido la fábrica en su esquina sureste y el forjado superior de la bóveda. Hay evidencias en superficie de una posible estructura al sur del patio de armas (F) frente a D si bien no es posible adscribirla directamente a los procesos constructivos.

Las marcas de cantero

La cantidad de marcas presentes nos ha permitido realizar una serie de observaciones que pueden apoyar las conclusiones de este análisis. No se trata de que las marcas permitan datar, pero sí buscar correlaciones entre marcas y estructuras. En primer lugar, hay una distribución desigual siendo más variada la tipología en A (en ambas caras de sus muros). En segundo lugar, los paramentos de B1 y C1 presentan ligeras diferencias en sus marcas pero con tipos comunes («←» y «A»). Finalmente, en el acceso a la planta baja de C1 se aprecia una marca cuyo paralelo más cercano se halla, con dos ejemplares, en la cercana iglesia de S. Fiz de Brión, no pudiendo descartarse la reutilización de materiales de la fortaleza. Hay otras dos marcas procedentes de C1 también repetidas en la misma iglesia. La clasificación de las marcas en románicas o góticas se halla superada dado que incluso la marca «R», que en su momento se clasificó como gótica (González 1988), se debe en realidad a la restauración (Fernández-Gago 1973).[2]

Análisis histórico

Se ha convertido en tópica la idea de que hay un castro bajo la fortaleza. Tal identificación no tiene, hasta la fecha, base real, ni hay material arqueológico asociado (Agrafoxo 1992, 113 y 119). Si bien la ubicación de la fortaleza podría apoyar inicialmente tal hipótesis, la propia fortaleza no es un indicio a favor. Además, la cercanía del castro de Lamiño, al sureste, es un matiz importante. Para considerar como castro Altamira hay que casarla con las características de otros de la zona de Amaía, lo que resulta complicado (Agrafoxo 1992, 135–137). De hecho el factor principal que apoya la identificación de un asentamiento premedieval es la presencia de parapetos terreros. Pero Vasco de Aponte, a principios del XVI, menciona la ejecución de parapetos en Altamira, lo que permite plantear que se consideraba un elemento defensivo adecuado para la fortificación en una fecha tan tardía (Aponte 1986, 180). La planta irregular a la que aludía Cooper (1981) para plantear la existencia de un castro no es indicativa. En Altamira, hay una planta adaptada a la ubicación y acorde con los usos de finales del medievo.

Respecto a una hipotética fortaleza altomedieval no hay referencias de la misma. Cuando se plantea el origen en esa época normalmente se cita a Madoz (1849: 207; González 1998, 71).[3] Éste no asevera nada documentalmente y sus fuentes parecen sacadas de algún nobiliario (Neira 1844, 246; BX, Ms-600, fasc.20, f.1 y ss; BX, Ms-700).[4] Planteándose que el hipotético origen de la familia propietaria y su principal fortaleza eran lo mismo.

La fortaleza en los siglos XV-XVI

Un documento de 1388 indica que hay en el valle de Amaía una «mota da torre da Meya, que ora jas derribada» (AHU, clero, leg.133, doc.4). No obstante la referencia no permite una identificación entre ésta y Altamira dado que no se indica su localización exacta, algo relevante pues había otras torres en el mismo valle entre el XIV y el XV (García y Portela 2003, 183; Acuña y Cavada 1971, 265–267; Rodríguez 1995, 14 y 130). Por otro lado esa torre no se menciona en un listado de fortalezas del XIII ni en otro del XV (González 1996: 314–315 y Rodríguez 1995: 90–91). Otra cuestión diferente es que, al copiar el documento, se buscase que esa torre fuera identificada con Altamira para legitimar las pretensiones arzobispales a la posesión de la misma una vez la edificaron los Moscoso.[5] Un linaje tradicionalmente al

servicio de la mitra pero que había constituido un gran señorío territorial al margen de los arzobispos. Pero parece que contaron en su momento con un permiso de Alonso de Fonseca para la edificación (García y Portela 2003, 477, 503 y 510). El permiso no podía ser revocado por su sucesor; lo que no implica que no se procediese a un dilatado enfrentamiento, primero militar y luego judicial, que concluye en 1556 (ASPA, Condado de Altamira, 3A2/102).[6] Pese a los problemas de la referencia de 1388 creemos que, en cambio, es válida para hablar del aspecto de la fortaleza justo antes de la revuelta irmandiña, ya que debía ser el modelo que se emplea para la interpolación documental.

Los testigos del *Pleito Tabera-Fonseca* se contradicen respecto a Altamira, para unos existiría antes de la revuelta de 1467–1469 siendo derrocada, pero otros señalan que la fortaleza se levanta tras la revuelta, ambigüedad que no ha podido ser obviada por los investigadores (Barros 2006, 45–46; Cooper 1981, 763).[7] Incluso hay referencias en la misma fuente de que en Altamira estuvo cautivo el arzobispo, lo que no es posible si no existía antes de 1467; un testigo indica que Bernal Yáñez de Moscoso prendió a Fonseca II y lo «llebara preso a Altamira y lo tubiera en el suetano della un año preso» (Rodríguez 1984, 366; Pardo de Guevara 1997,37 y 65, n. 146).[8]

Dadas las relaciones de los Moscoso con los Fonseca, hubo de ser el primero de ellos quien permitiera la edificación. Esto sucede en un contexto de inestabilidad en la sede por lo que se requería el apoyo de Yáñez para retomar y pacificar el señorío, más adelante se revelaría el peligro que comportaba la fortaleza.[9] Por ello, a partir de los años de la prelatura de Fonseca I establecemos el origen, y el primer proceso constructivo, de la fortaleza: 1460–1464. La estructura erigida no debía ser ajena a la tónica general de la época. Una torre amplia de sillería con una cerca de escasa entidad. Interiormente, la torre tendría la estructura típica; la visita de Juan de Bustamante, enviado de la *Real Audiencia del Reino de Galicia* en 1603, describe parcialmente la torre que aún seguía en pie: «vn suetano en los más baxo y terreno de la torre del omenaje de la dicha fortaleza en el qual auia sobrado y pu[er]tas» (ARG, Real Audiencia, 3845/67, f.147r).

Los irmandiños, atacaron la fortaleza sin que tengamos constancia de los daños (Rodríguez 1984, 353). Aunque, puesto que su recuperación y puesta en funcionamiento es excesivamente rápida, no cabe decir que fue arrasada. A partir del recinto primitivo se complicó la planta, entrando en el segundo proceso constructivo. Las fuentes para datar este proceso no son especialmente precisas. Puesto que las alusiones con las que contamos mezclan informaciones anteriores y posteriores a la revuelta y los documentos contemporáneos tampoco nos informan de procesos constructivos durante la segunda mitad del XV (ACS, IG 703/13, f.83r). Así que tras la revuelta comienza una fase que no identificamos como reconstrucción sino como remodelación. La cronología del segundo proceso constructivo es bastante amplia y difícil de constatar documentalmente aunque no así arquitectónicamente. Cobra sentido lo que refería Aponte (1986, 180) al hablar de la reconstrucción post-revuelta ordenada por Lope Sánchez de Moscoso: «acordaron muy secretamente que García Martiz tomase escuderos y peones y pedreros y azadoneros y vituallas, y se metiese una noche en Altamira, que era la cabeça del estado, y ansí lo hiço. Y quando fue mañana tenía hecho un muro de piedra lousa y no ancho, de una braza de alto, y una caba de otra braza de alto, que no se tardaron dos horas en hacerse» (1986, 180–182 y Rodríguez 1984, 555). Tras estas obras nos narra un intento fallido de asaltar la fortaleza que anticipa el asedio en toda regla que intentarán las tropas arzobispales. Éste fracasó por las reformas realizadas por Lope que «vino luego a Altamira, y luego hiço en ella una torre con tres cubos de cal y canto buena, salvo que era apartada». En nuestra opinión el autor anticipa la remodelación para explicar el fracaso de la segunda intentona. Puede colegirse la conclusión de que en realidad se trató de un proceso constructivo bastante más dilatado. A partir de la victoria definitiva se cambia la concepción de la fortaleza, proceso que se ejecutó entre 1471 e inicios del siglo XVI. Se añadió un potente recinto amurallado, que se articula a modo de antemural con un posible baluarte en la zona norte. Se realizó la torre oeste (B1) y probablemente se ejecutaron importantes trabajos de nivelación del terreno para asentar la cerca al este y realizar allí dos torres esquineras. De éstas Tettamancy vio los restos de una (1917, 370).

También se refiere a unas obras considerables otro testigo al mencionar que el «conde que fue de Altamira tornó de nuebo a rehedificar e llebantar la dicha fortaleza de Altamira que abia sido derrocada y que

save que la llebantó y rehedificó a su costa e misión e no a costa ni misión de los de la tierra ni de los que la derrocaran porquel testigo al dicho tiempo...bebía con el dicho conde don Lope y hera su basallo y beía quel mandaba pagar las jornadas a los oficiales y canteros que labraban la dicha fortaleza» (Rodríguez 1984, 555). Por tanto, en las obras trabajaba mano de obra especializada. Otro testimonio indica además que allí trabajaron canteros procedentes de Padrón, por lo que las obras superaban el mero ámbito local (Rodríguez 1984, 549).

Una vez iniciado el segundo proceso constructivo se debió comenzar la edificación de C1 (tercer proceso). Este palacio, a juzgar por el estilo de los vanos y la homogeneidad de la fábrica, se limitaba a una crujía sencilla con una planta superior que aprovechaba el espacio entre las torres esquineras y sólo necesitaba cerrar el espacio con una fachada; solución simple que obedece tanto a la economía constructiva como a las necesidades de confort propias de finales del XV. Además, esta solución no debilitaba el sistema defensivo ya que, estructuralmente, no forma parte del mismo. Cabe destacar que se empleó sillería en gran parte de la segunda y tercera fase constructiva, pero el palacio sólo la requería hacia el patio de armas, por lo que la fábrica de la misma se realizó retranqueando el muro en el interior y careándolo en mampostería. Pese a que documentalmente hay cierta confusión de las fases esto puede deberse a su dilatada ejecución. En 1507 la herrería de Vimianzo produjo «seys quintales de fierro que se hizo en ferramienta que fue Altamira» (García y Portela 2003, 277); pese a la imprecisión de la referencia nos está indicando la posibilidad de algún tipo de obras que debemos encuadrar en las iniciadas en la segunda mitad del siglo anterior.

De todos modos la fortaleza ejercía sus funciones sin trabas. Si bien la función residencial era compartida con las varias residencias palaciegas que tenían los Moscoso, quedando Altamira reservada al merino. En 1509 se redacta un foro en la fortaleza que indica la posibilidad de satisfacer la renta en Santiago o Altamira (ASPA, Condado de Altamira, 6F3, 718). También se hallaba allí, desde principios del XVI y hasta inicios del XVIII, el archivo condal, las «arcas de Altamira» (García y Portela 2003, 371 y 508; ASPA, Condado de Altamira, 3B2/136). No obstante, en 1530 el bachiller Cuéllar quedaba impresionado de la falta de lugares adecuados para almacenar grano dentro del señorío condal. Menciona específicamente el caso de Amaía: «Y digo que las rentas de la Maya, que renta cada ano trezientas cargas de pan, se ha perdido de çinco anos aca mas de quinientos castellanos»(García y Portela 2003, 316–318). Esta referencia enmarca el inicio del cuarto proceso constructivo, derivado de las carencias de las estructuras de la fortaleza. Documentalmente se constata que se trata de obras de cierta entidad (c.1539–1545). Se iniciarían las obras por parte de Benito de Toro, que hubo de traspasar la «obra del asyento de la obra de mampostería...con su asyento de las dichas puertas e ventanas e cheminea» a otros canteros (AHU, Protocolos, S-197, f.401r). En torno a 1541 se tiene constancia de que el cantero Juan da Cruz está trabajando, muerto de Toro, en un «quarto nuebo que se aze en la fortaleza de Altamira» (Pérez 1930, 143). Por el testamento de Juan da Cruz sabemos que aún en 1545 no se habían acabado las obras y que además se realizaban en colaboración con otro cantero (AHU, Protocolos, S-202, f.69v). Estos trabajos, a juzgar por los restos, sólo pueden tratarse de la adición de una planta al ámbito C1 y la realización del antecuerpo (sector C3). Se enmascaraba la fachada bajomedieval del palacio. También se realizarían en estos momentos la balconada sobre modillones y las ventanas en el lienzo este que testimonia un dibujo del XIX. El único indicio de esta adscripción de las ventanas es que dado que hay un garitón y torres cubriendo las esquinas del palacio, no parece lógico abrir unos vanos amplios en una zona vulnerable de la fortaleza. Dentro de esta fase incluimos la compartimentación interior del palacio (accesos a E y C2).

En 1594 se funda una capilla dedicada a los Reyes Magos (ACS, IG279, f.11v; ACS, IG277, f.35r). Se ha planteado que podría estar situada en B1. Esta hipótesis podría incluso apoyarse en ese cuerpo rectangular adosado (González 1998, 276).[10] No coincidimos en esta asignación ya que sólo existen dos posibles ubicaciones, en algún lugar de las dependencias del palacio o en la zona sur de la fortaleza (adosada o no a la muralla). La bóveda de B1 puede presentar facilidades para alojar la capilla pero no estaría orientada al este, una orientación anormal para un edificio de culto. Tettamancy (1917, 372) afirmó que la capilla se asentaba justo frente al palacio y que en su momento no quedaban restos; pero en las diferentes vistas conservadas hay

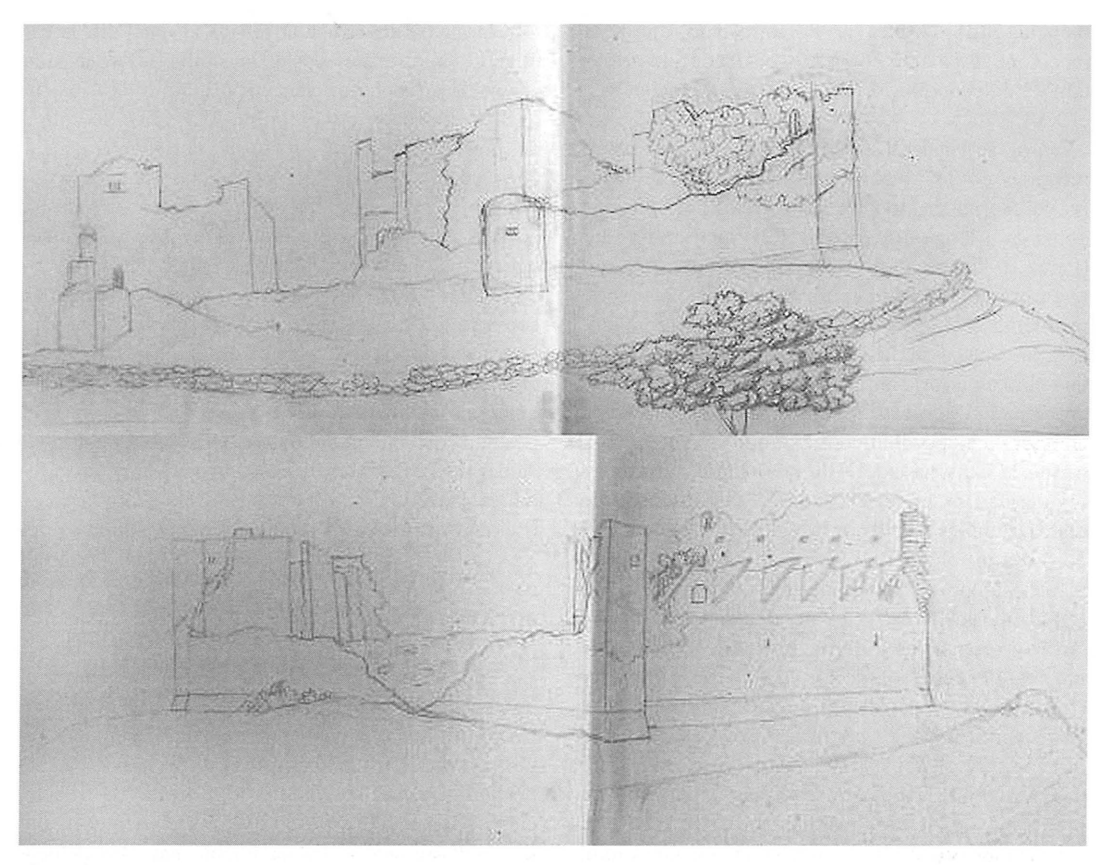


Figura 4
Vistas de Altamira desde norte y sur a finales del XIX (dibujo de Benigno de la Iglesia, BX, Ms-600, fasc. 20)

una estructura exenta frente a C que sólo puede corresponderse con ésta. Recordándonos de modo directo la disposición del palacio condal en Santiago, frente a S. Fiz de Solovio que presenta a los Reyes Magos en su fachada. Retomando los procesos percibidos en el análisis de la fortaleza, la ejecución de la capilla debería incluirse en el cuarto proceso. Al menos, a nivel histórico, se sitúa en un contexto que requería cambios en la fortaleza independientes de sus defensas.

Descomposición de la fortaleza

A principios del XVII, el carácter de Altamira como residencia señorial entra en decadencia. Aunque aún sirve como centro en la zona, continúa el cobro de algunos impuestos en la fortaleza (García y Portela 2003, 296 y 308). La capilla está en uso, puesto que tiene asignada una cantidad para su sostenimiento (Hoyo [1607] 1950, 190 y 195). En cambio, el palacio parece ser la única parte de la fortaleza que realmente se usa, como se colige de la visita de 1603: «en la cárçel pública de la dicha fortaleza avnque estaua dentro della en vna casa terrena donde bivía el carçelero con su muger e hijos y que adonde se acoxía el dicho carçelero y su muger se acogían algunas mujeres estando presas y los hombres en otro aposiento arriva y en ella se azía avdiençia...y que no padecían ningún detrimento por falta de justiçia ni de bastimiento porque él como el justiçia también bive dentro de la dicha fortaleza» (ARG, Real Au-

diencia, 3845/67, f.147r). Por otro lado, que no se mencione el palacio como tal se debe a que presentaba el antecuerpo, lo que reafirma su ejecución en el XVI.

Ya no se añaden estructuras, se harán únicamente reformas en las preexistentes. El sistema defensivo no parece haber sido alterado. La última alusión a obras es a las realizadas en 1629 por Benito Vidal (Pérez 1930, 556; Goy 2007, 238–240). Se trataba de una obra compleja en la torre principal, con serios problemas de humedad, recomendándose rehacer toda la cantería de las zonas dañadas, puesto que en una obra anterior, sin fecha, se habían potenciado los problemas. Dado el aspecto de A, puede plantearse, como indica el propio contrato, que se rehizo únicamente la cantería exterior cuidando de mantener la regularidad de la sillería interior. Curiosamente los restos actuales muestran la ejecución de esta obra pero los problemas no se solucionaron definitivamente, algunos dibujos muestran que sólo conservaron alzado los lienzos que no afectados por la obra. No hay referencias a obras durante el XVIII, salvo un posible desmontado en 1720 difícil de ubicar (ADP, Fondo especial1–familia Caamaño, 1248/4). El incendio indicado por Ángel del Castillo (1972, 16) como causa del abandono de la fortaleza no se ha constatado aún. Parece tratarse más de un abandono progresivo de los administradores, ya que la ausencia de recursos económicos impedía reparar una fortaleza que se había vuelto inhóspita. Progresivamente se desplaza el centro administrativo a la residencia del administrador quedando reflejados en la documentación unos «caseros de Altamira» (ASPA, Condado de Altamira, 3B2/155). Ya para entonces, sólo debía mantenerse en uso la capilla y algunas dependencias menores (ASPA, Condado de Altamira, 3B2/ 157). En 1740 el visitador episcopal vio la capilla, ordenando reparar retablo y puertas (ACS, IG279, ff.11v-12r). No obstante, continúa la función económica de la fortaleza pues todavía en 1753 se cobraba en la jurisdicción «vn real que llaman de vela que paga cada fuego» (AGS, Catastro de Ensenada, Respuestas Generales, L252–427).

En el XIX, la fortaleza cierra su ciclo de uso. Madoz la mide pero no la describe con detalle ni da referencias, pero no estaba abandonada del todo. En 1858 se realiza un presupuesto de cara a ejecutar una serie de reparaciones. Si bien no llegarían a realizarse nos permiten observar con detenimiento las estructuras, la torre principal ya estaba arruinada al igual que la capilla: «Iten los maderados de la capilla [la] qe se halla arruinada de techo desván y [púl]pito de la tribuna» (ASPA, Condado de Altamira, 3E5/453). Se colige del presupuesto que el uso se limita a alguna dependencia del palacio, el «despacho donde se hace la cobranza» y el «cuartito o dormitorio», dentro de un edificio arruinando irremisiblemente, pero que mantenía cierto simbolismo, aunque la ruina de los Moscoso obligaría a venderlo en 1872. A partir de aquí se convierte en cantera. Pero demoler una fortaleza para reaprovechar materiales no es un proceso simple, requiere conocimientos precisos, saber qué es lo que se quiere desmontar y cómo. De no ser así se correría el riesgo de que las estructuras se colapsasen incontroladamente. Comprender la descomposición de las diferentes partes aporta importantes datos sobre la construcción original. En algún momento a finales del XIX, se desmontó parte de una torre y un lienzo del palacio. Después se da un desmontado sistemático de estructuras (Bouza 1990, 226).[11] Para Vaamonde (1916, 42) esta torre era igual a la de Vilalba. De ser así, sólo puede corresponderse con D, ya que por el único ángulo conservado se colige que no era de planta cuadrada. Si bien en el caso de Altamira se trataría de una torre hexagonal. Otro indicio es que se derriba de modo conjunto con un lienzo de palacio, en realidad la cerca, por lo que ambos elementos debían hallarse unidos. Paralelamente, hay otro elemento relevante: el lienzo demolido no formaba una unidad estructural con el lienzo oeste del palacio pues no era necesario demolerlo parcialmente al mismo tiempo. Lo que sí sucede con esa torre poligonal. El estado actual del lienzo oeste y el antecuerpo al sur son una buena muestra del deterioro provocado por la demolición de ambas estructuras. En 1875 se desmonta por completo la capilla que, como hemos señalado, se hallaba frente al palacio pero ya arruinada, puesto que no aparece con claridad en las representaciones de la fortaleza (Tettamancy 1917, 429). Actualmente sólo es posible atribuir a esta capilla algunos restos en superficie al sur de F. Sorprendió a los contemporáneos el rápido deterioro de la fortaleza, el *Diario de Santiago* (15/IX/1877) intentaba describirla: «Recordemos que las históricas torres de Altamira hace años conservaban parte de sus muros, su puerta principal, cinco torres para la defensa con troneras, ventanas y casamatas, y hoy no son más que un montón de escombros». Esto, con pocas variaciones, coincide con

Vaamonde (1916, 42). Iniciado el XX, ya presentaba un estado similar al actual con sólo dos estructuras en alzado como refleja un poema de Vicenti de 1903. No obstante, se continuó extrayendo material como refleja la *Gaceta de Galicia* (15/III/1904). Con todo, gracias al material gráfico antiguo, se percibe cómo parte de A había sido desmantelada y sus restos colmatado el acceso.

La restauración de 1973–1975

Dentro de la necesaria relación entre análisis arquitectónico y documental cabe analizar el proyecto de restauración. Tiene su propia problemática: delimitación de obras, imprecisión lógica del proyecto, ausencia de fotografías de estado previo y la imposibilidad de consultar sus modificaciones. No obstante, algunas fotografías y dibujos recogidos por otros autores cruzados con los propios vestigios materiales y algunas referencias, permiten aproximarnos a las dimensiones de la obra. Se rozaron y desescombraron la mayoría de estructuras, especialmente el lienzo oeste del sector C1, y se sanearon las juntas de los paramentos con alzado, principalmente B y C. También se despejaron los accesos y el camino que rodea el conjunto. Algunas fotografías atestiguan cómo la intervención fue más agresiva en el acceso de lo que se puede percibir en el proyecto (Castillo 1936, 1037). Hay que señalar la ausencia de referencias a A. Tal ausencia se explica porque la vegetación hizo que todos los investigadores que vieron la fortaleza antes de su restauración no percibieran la torre en planta. A ello se añade el buen estado de B1 y la fachada de C1, lo que provocó que se pensara que B1 era la torre del homenaje. Algo ya revisado por Miramontes (1981, 82).

El criterio que presidió la restauración fue sanear unas estructuras con patologías graves sin evitar el mimetismo. La fachada de C1 presentaba amplios huecos que se rellenaron. En la zona sur de B1 se rellenó un hueco en la fábrica que amenazaba con provocar el colapso de la torre, se reutilizaron sillares y se añadió un apoyo que se alineó con los restos de la cerca. Esto ha alterado la percepción de cómo era en origen esta parte de la fortaleza ya que B1 no era una torre cuadrada aislada, sino que compartía una esquina con una torre cuadrangular al sur que tendría un acceso común para el adarve. No había alambor entre ellas, formaban una unidad, esta solución eliminaba puntos ciegos y sólo puede responder a exigencias topográficas o a que alguna estructura precedente alterase la regularidad de la planta. Así, B2 se realizaría después de ambas torres aunque sin poder precisar su función.

Hay referencias de que en la restauración se hallaron piezas decoradas, lamentablemente no se informa de su contexto. Un visitante del XIX da mayores precisiones respecto a dos escudos en piedra y otro en madera que estaban allí. Indica que los escudos son similares a los que hay en el convento de Bonaval con las armas de Moscoso, pero por su descripción habría que añadir que un escudo era de Osorio (BX, Ms-600, fasc.20; Molina [1550] 2003, 262).

Conclusión

La planta poligonal de Altamira destaca por la solución de los problemas de flanqueo. Hemos datado la mayor parte de este recinto a finales del XV principios del XVI, lo que constituye Altamira como un ejemplar de fortaleza de transición precoz en el contexto gallego. Hay varios elementos que han favorecido aplicar esta solución. La elevación del terreno en el que se asentó presentaba facilidades para ejecutar un recinto de planta regular, aunque aplicando soluciones de compromiso para salvar el problema de exposición de la zona sur. En el sector B1, se puede interpretar la bóveda de la torre abierta por la gola como una medida para facilitar la salida de humos, dar solidez a la estructura y evitar los daños de una posible explosión para la planta superior y la torre anexa. Por la documentación sabemos que con anterioridad a 1552 la fortaleza contaba con artillería, y al menos una pieza podría ubicarse aquí (ACS, IG704/10, f.79r).

Del mismo modo, el recurso a una torre hexagonal (D) obedece a un intento de maximizar la capacidad ofensiva de la fortaleza en los aproches sur y este que, pese al desnivel natural, no se podían cubrir correctamente con fuego de barrera desde la cerca. En Galicia el único ejemplar similar es la torre de los Andrade en Vilalba, si bien el ejemplar de Altamira debió ser menos impresionante. Tal vez, las buenas relaciones que, a lo largo del XV, mantuvieron los Andrade y los Moscoso puedan aportar algo de luz a esta cuestión. Los restos de su fábrica evidencian una

construcción peculiar, no se usó sillería sino una fábrica cuidada de mampostería, lo que hace plantear unos artesanos ajenos al resto de la construcción más que un cambio en la disponibilidad de materiales, dentro de una fase constructiva que consideramos sincrónica (cerca externa, B1, D y, E) ya que C1 no se configuró sin cerrar el perímetro. Pese a que los grabados falsean el aparejo, los vanos y cornisas que presenta son iguales a los empleados en B1 (Neira 1844, 245).

La estructura del palacio de la fortaleza no se relaciona con la típica reforma que sufren muchas torres y fortalezas en el tránsito a la modernidad que se convierten en pazos. No se crea un cuerpo rectangular o en forma de L que se adosa a la torre principal como sucedió en Caldas de Reis o Xunqueiras. Tampoco se crean estructuras de gusto renacentista como Narla, Pontedeume o San Miguel dos Agros. Los paralelos más probables son el desaparecido palacio de Sotomayor, Casas Reais y, parcialmente, Allo (Sánchez 2001, 122–124). Altamira destaca con mucho por su sobriedad: amplia puerta en la planta baja con dovelas anchas, ventanas de arco rebajado, vano en forma de puerta con arco conopial, aparejo de sillería al exterior y mampostería encalada al interior.

Es, aún así, un sistema de transición con fuertes inercias medievales. Hay un predominio de la cantería en las torres, tendencia a mantener la planta cuadrada, planta del recinto tendente a la regularidad, reaprovechamiento de estructuras precedentes, pocos vanos y muralla con talud de piedra. Se mantiene el desarrollo en altura en vez de un perfil bajo. Este sistema de transición tiene su origen en dos hechos históricos básicos, la revuelta irmandiña y el clima de inestabilidad posterior con frecuentes enfrentamientos señoriales. A ello se añadiría la necesidad de asegurar la defensa de un señorío que no se legaliza hasta mediados del XVI. Así, al hecho construido se le pueden comenzar a dar causas históricas claras y bien reflejadas en la documentación.

Notas

1. Amb el suport del Comissionat per a Universitats i Recerca del Departament d'Innovació, Universitats i Empresa de la Generalitat de Catalunya i del Fons Social Europeu.
2. «En las piezas, molduradas y decoradas que por la dirección facultativa se estime necesario reponer, se hará un tratamiento que no las confunda con los originales pero entonando con ellos y llevarán grabadas una 'R' demostrativa de pertenecer a la restauración» (Fernández-Gago 1973).
3. Misma idea en «Catálogo de arqueoloxía», *Plan Xeral de Ordenación Municipal* del Concello de Brión, 8 y en Blanco, T., Bravo, K. M. y Muñoz, L. 1997. «Las torres de Altamira», Trabajo de curso 1996–1997 del master ETSAC, (Diputación Provincial de A Coruña, Sección de Arquitectura) (inédito).
4. Se emplean estas abreviaturas: Archivo de la Catedral de Santiago-ACS, Archivo General de Simancas-AGS, Arquivo Histórico Universitario-AHU, Archivo Histórico Diocesano de Santiago-AHDS, Archivo Diputación de Pontevedra-ADP, Arquivo do Reino de Galicia-ARG, Archivo de San Paio de Antealtares-ASPA y Biblioteca Xeral da Universidade de Santiago-BX. Se indica fondo y signatura.
5. Planteamos que el documento se halla interpolado. En detalle en Galbán, C. J., «El señorío de los Moscoso y el surgimiento de la fortaleza de Altamira (Brión, A Coruña)», *Les senyories a la Catalunya baixmedieval (ss. XIII-XV). I Seminari d'Estudis Medievals d'Hostalric (Hostalric, La Selva, 13–14 de novembre de 2008)* (Martínez, A., Puig i Amat, N. y Viader, M., eds.), (en prensa).
6. El acto de toma de posesión de la fortaleza fue el 15 de noviembre de 1566 (AHDS, Fondo General, Jurisdiccional, cuad. 2º, f.57v)
7. Abundan estas contradicciones (Rodríguez 1984, 56, 249, 312, 320, 329, 354, 362, 456–457, 461, 478, 480, 547, 552).
8. En el mismo pueden verse en 380, 454 y 459, si bien habría que confrontarlas con las alusiones en 268, 318, 323, 339, 347, 387, 561 y 568. Pardo de Guevara menciona la prisión de Fonseca II a partir de una carta real al conde de Lemos en 1465.
9. Yáñez fue «Pertigueiro Mayor de Terra de Santiago» (AHDS, Fondo General, Bienes y Rentas de la Mitra, 28, f.85).
10. Pudimos consultar en el Instituto de Estudios Gallegos 'Padre Sarmiento' la ficha de Altamira incluida en el *Inventario documental y gráfico de las fortalezas medievales de Galicia*. Vid. la p. 4 de la misma. Agradecemos a E. Pardo de Guevara y Valdés, C. A. González Paz y R. Valdés Blanco-Rajoy tanto las facilidades en la consulta como sus útiles consejos.
11. Vaamonde (1916) alude a una extracción en 1873 y Bouza (1990) indica la continuidad del proceso en 1895. Indica que torre y palacio fueron desmontados por un administrador de la casa por lo que debió ser entre 1848 y 1872.

Lista de referencias

Acuña, Fernando y Cavada, Milagros. 1971. «Noticias arqueológico-numismáticas del Castro Lupario (Rois-Brión, La Coruña)». *Cuadernos de Estudios Gallegos*, 26, fasc. 80. 265–277.

Agrafoxo, Xerardo. 1992. *O Hábitat Castrexo no Val de Barcala, Amaía e o Val do Dubra*. Noia.

Aponte, Vasco de. 1986. *Recuento de las casas antiguas del Reino de Galicia* (Díaz, M. et alii, eds.). Santiago de Compostela.

Barros, Carlos. 2006. «Os irmandiños de Galicia. A revolta en Pontevedra». *Murguía*. 9: 39–68.

Bouza, José Luis.1990. *Religiosidad contrarreformista y cultura simbólica del Barroco*. Madrid.

Castillo, Ángel del. 1972. *Inventario de la riqueza monumental y artística de Galicia.* (Enciclopedia Gallega, vol. III). Santiago.

Castillo, Ángel del. [1936] 1980. «La Arquitectura en Galicia». En Carreras Candi, F. (dir.). *Geografía del Reino de Galicia.* Barcelona.

Cooper, Edward. 1981. *Castillos señoriales de Castilla s. XV y XVI.* Madrid. 2 vols.

Fernández-Gago, Carlos. 1973. *Consolidación y restauración de las Torres de Altamira*. A Coruña. Inédito.

González, Clodio. 1988. «As marcas de canteiro das Torres de Altamira, Brión (Galicia)». *Actas del V Coloquio Internacional de Gliptografía*. 605–611. Pontevedra.

González, Clodio. 1998. *Brión. Historia, economía, cultura y arte*. Noia.

González, Marta. 1996. *El arzobispo de Santiago: una instancia de poder en la Edad Media (1150–1400).* A Coruña.

Goy, Ana. 2007. *A actividade artística en Santiago, 1600–1648*. I. Santiago de Compostela.

Hoyo, Jerónimo del. [1607] 1950. *Memorias del arzobispado de Santiago.* Santiago de Compostela: Rodríguez, A. y Varela, B. (eds.).

Madoz, Pascual. 1849, *Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de Ultramar*. 2. Madrid.

Miramontes, María Xesús. 1981. «As fortalezas baixomedievais en Galicia: unha aproximación histórica a partir do estudo dos restos materiais e das descripcións do preito Tavera-Fonseca», Tesis de licenciatura-USC, Santiago.

Molina, Bartolome Sagrario de. [1550] 2003. *Descripción del reyno de Galicia*. [Mondoñedo] Noia.

Neira, Antonio. 1844. «Las Torres de Altamira», *Semanario Pintoresco Español.* (4, agosto). 245–246.

García, José y Portela, María José. 2003. *La casa de Altamira durante el Renacimiento. Estudio introductorio y colección diplomática*. Santiago.

Pardo de Guevara, Eduardo. 1997. *Don Pedro Fernández de Castro, VII Conde de Lemos (1576–1622). Estudio Histórico*. Santiago.

Pérez, Pablo. 1930. *Diccionario de artistas que florecieron en Galicia durante los siglos XVI y XVII.* Santiago de Compostela.

Rodríguez, Ángel (ed.). 1984. *Las fortalezas de la mitra compostelana y los irmandiños*. 2 vols. Pontevedra.

Rodríguez, Ángel (ed.). 1995. *O Tumbo Vermello de Don Lope de Mendoza* ('Cuadernos de Estudios Galegos', anexo XXIII). Santiago.

Sánchez, Jesús Ángel. 2001. *Torres do Allo: Arquitectura e historia del primer pazo gallego*. A Coruña.

Tettamancy, Francisco. 1917, «Altamira», *Arte Español*, nº 6–7, 368–374 y 428–431.

Vaamonde, César. 1916. «Gómez Pérez das Mariñas y sus descendientes», *Boletín da Real Academia Galega*, t. IX. 10, 38, 59, 86, 111, 139, 148, 177, 203, 230, 254 y 286.

Sir Christopher Wren y la torre de la iglesia de *Saint Dunstan in the East* en la Ciudad de Londres

José Antonio García Ares

Tras el incendio que asoló Londres en Septiembre de 1666, ochenta y seis de las ciento seis iglesias de la ciudad resultaron destruidas o sufrieron serios daños y la destrucción en la ciudad fue prácticamente total. Es célebre la frase de John Evelyn «Londres fue, pero no lo es más». En la reconstrucción de la ciudad que daría origen a un moderno Londres jugó un papel capital Sir Cristopher Wren quien se rodeó de colaboradores como su amigo y compañero de la Royal Society, Robert Hooke o Nicholas Hawksmoor, uno de los arquitectos ingleses más brillantes. Juntos emprendieron una de las empresas constructoras más importantes de la época que se materializaría en la reconstrucción de la catedral de *Saint Paul* y las innumerables iglesias de la ciudad. El presente estudio se centra en un episodio de esta empresa de reconstrucción: la torre de la iglesia de *Saint Dunstan in the East*. Uno de los pocos ejemplos de arquitectura gótica de Wren. Se estudiará su historia y el porqué de su diseño y construcción para a continuación proceder a realizar un estudio de su estructura desde el punto de vista del análisis límite.

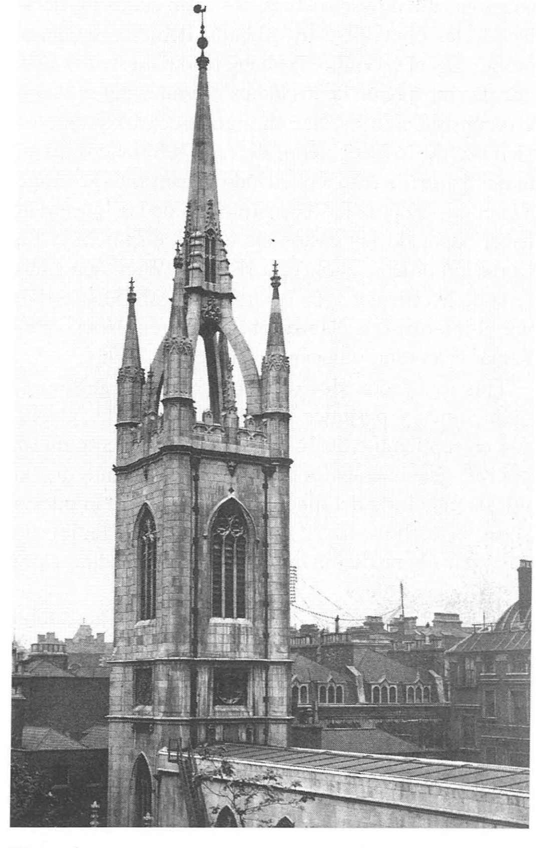


Figura 1
Vista de la torre (Birch 1896)

De la iglesia medieval a la actualidad. Recorrido histórico

La iglesia anterior al incendio de 1666

La iglesia de *Saint Dunstan in the East* debió de ser uno de los edificios religiosos más importantes del Este de Londres y probablemente también, como indica Laing (1818), uno de los más antiguos pudiendo

ser anterior al siglo XIII. John Stow (1596) se refiere a ella como una «noble y grande iglesia de antigua construcción». En los grabados y dibujos que se han conservado previos al incendio de 1666, su chapitel de madera destaca en altura y esbeltez superado únicamente por el de la catedral de Saint Paul.

La iglesia tras el incendio

Tras el incendio se formó la Comisión para la Reconstrucción de las Iglesias y se decidió establecer un impuesto sobre el carbón para obtener así la financiación necesaria para emprender las reconstrucciones. En cualquier caso hubo una serie de iglesias que no esperaron a las gestiones de esta comisión e iniciaron la reconstrucción por iniciativa propia. En el caso de Saint Dunstan lo hizo con los fondos recibidos a través de una donación de 4.000 libras. No están claros los detalles de las obras pero los trabajos debieron empezar pronto tras el incendio. Probablemente no fueron más que una reparación de los daños causados por el fuego y reconstrucción parcial en algunos casos y en Noviembre de 1670 debieron de estar terminados en su mayor parte. Es entonces cuando la parroquia se dirige a la comisión para la Reconstrucción de las Iglesias al haber superado los gastos los fondos disponibles. La Comisión ordena entonces a Hooke y Wren una auditoría de las cuentas y de los trabajos realizados. Salvo por el informe que elaboraron, ni Wren ni Hooke participaron en estas obras iniciales (Jeffery 1996).

Tras esta fecha Hooke realizó diversas gestiones, mediciones y peritajes relacionados con la iglesia. Así en septiembre de 1672 se le pagan cinco guineas por sus gestiones en lo referente al montante que la iglesia percibiría del dinero proveniente del impuesto sobre el carbón. El 22 de abril de 1674 recibe un pago por «la medición del terreno comprendido entre las distintas calles».

El sábado 8 de julio de 1693 Robert Hooke y John Oliver, que compartían el título de *City Surveyors*, realizaron una visita y «vieron la torre y la iglesia». Así queda reflejado en la entrada en el diario de Hooke (Gunther 1935) y en las cuentas de la iglesia[1] en las que se registra el pago de 5 guineas que se les efectuó el mismo día. Se podría haber tratado de una visita para analizar el estado del edificio que probablemente habría empezado a mostrar signos de deterioro tras el parcheado que se realizó tras el incendio

La opinión de ambos no debió de ser muy favorable y así, el 18 de Julio de 1693 el acta de la reunión del consejo parroquial refleja que «la iglesia y la torre se encuentran dañados y se establece que se deberían reconstruir con financiación pública».[1] La Comisión para la Reconstrucción de las Iglesias de la Ciudad debió de aprobar la construcción de una nueva torre y otras obras en la iglesia como la colocación de nuevas columnas en el interior, reparaciones en contrafuertes, parapetos y almenados (Jeffery 1996). Las obras de la torre, de las que nos ocuparemos en detalle más adelante, se iniciaron a finales de 1695 con la demolición de la antigua torre y se culminarían en 1701 con la finalización de la aguja.

La nueva iglesia neogótica de David Laing

En 1810 se detectaron desplomes en los muros de la nave debido al empuje de la cubierta y se instalaron tirantes pero el problema no se solucionó y finalmente se acordó la sustitución de la cubierta y la recons-

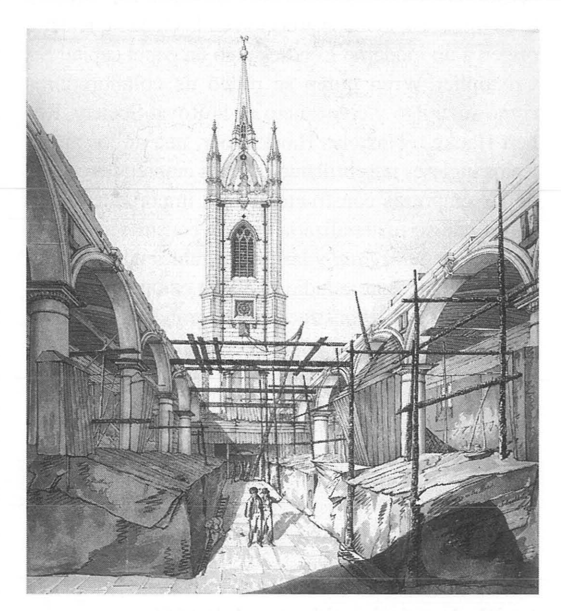


Figura 2
Vista de la nave de la iglesia durante la demolición previa a la reconstrucción de Laing. Se aprecian los arcos y columnas toscanas y la torre. Dibujo a lápiz de 1817 por Schnebbelie. Reproducido con el permiso del City of London, London Metropolitan Archives

trucción de la parte superior de los muros. Durante estas obras se pudo comprobar que el estado de los mismos era mucho peor del esperado y finalmente se decidió la reconstrucción completa del cuerpo de la iglesia. El diseño neogótico de la misma se debió a David Laing. Las obras se iniciaron en noviembre de 1817 y la nueva iglesia fue consagrada en 1821 (Laing 1818, Jeffery 1996).

La Segunda Guerra Mundial y el estado actual

Antes de la Segunda Guerra Mundial, Herbert Baker y su estudio realizaron labores de mantenimiento en la iglesia. Así figura en correspondencia conservada en el RIBA1 (Baker 1932). El 10 de mayo de 1941 la iglesia fue bombardeada con bombas incendiarias. La torre se salvó a pesar de sufrir daños pero la nave quedó destruida quedando en pie únicamente los muros del perímetro. Sir Herbert Baker & Scott se encargaron de las reparaciones y actuaciones de emergencia para salvar la torre que había perdido la cubierta y los forjados. También realizaron proyectos para la reconstrucción de la nave. Posteriormente procedieron a desmontar el remate de la torre que fue restituido en 1953. La iglesia nunca fue reconstruida y la nave se convirtió en un jardín público (Bradley 1998).

El diseño de la torre

La descripción que de la Iglesia y torre da el hijo de Wren en *Parentalia* es la siguiente:

> Saint Dunstan in the East se encuentra a medio camino entre Tower Street, al norte y Thames Street al sur. En el barrio de Tower-street. La iglesia fue tan sólo reparada y embellecida pero la torre que se aprecia en la actualidad fue construida en 1698. Los ventanales y la torre son de estilo Gótico moderno, mientras que los pilares y arcos del interior son de estilo toscano. La altura de la Torre, que consiste en un cuerpo inferior y una aguja en cuyas esquinas se elevan cuatro pináculos y el quinto o principal se erige sobre cuatro arcos góticos, es de 75 pies (Wren 1750).

El uso del «gótico moderno»

El empleo del «Gótico moderno» vendría dado por la necesidad de coexistir con los muros exteriores de la antigua iglesia que se reutilizaron. Wren fue consultado sobre el estado de las catedrales góticas de Salisbury, la antigua catedral de *Saint Paul*, y la Abadía de Westminter lo que le brindó la oportunidad de estudiar y tener un contacto directo con este tipo de estructuras. Los escritos e informes que elaboró sobre ellas son de gran interés. En ellos analiza y valora estas construcciones desde diversos puntos de vista: históricos, constructivos, estructurales y estéticos al tiempo que propone actuaciones para subsanar sus problemas. De este modo podemos apreciar su entendimiento de las estructuras de fábrica y la opinión tanto en lo constructivo como estético que el Gótico le merecía. Su postura, negativa en general, sigue la línea de los tratadistas renacentista italianos como Alberti para los que lo Clásico era el único estilo bello y válido. En su informe sobre la antigua catedral de *Saint Paul* se refiere a la «buena Manera Romana» en oposición a la «tosquedad Gótica» (Wren 1750).

A pesar de esto Wren consideraba que en ocasiones el empleo del gótico no sólo estaba justificado sino que era lo adecuado. Así en el informe sobre la Abadía de Westminster al referirse a su propuesta para completar el crucero con una torre y aguja dice: «He realizado un Diseño, que no será muy costoso, sino ligero y aún en la Forma Gótica, y de un estilo acorde con el resto de la estructura al que me adherí de modo estricto con toda la intención ya que alejarse de la Forma antigua resultaría en una mezcla desagradable que a ninguna persona de buen gusto complacería». Y en la parte final del mismo informe se refiere precisamente a las iglesias de la Ciudad en las que hizo uso del estilo gótico: «He dado entre las Iglesias Parroquiales de Londres unos pocos ejemplos, (donde me vi obligado a desviarme de un estilo mejor) los cuales tienen una apariencia no tosca sino elegante». Entre estos ejemplos, además del de Saint Dunstan que nos ocupa, están las torres de Saint Alban Woodstreet (terminada en 1698) y la de St Mary Aldermary (1701–1704) (Wren 1713).

Al contemplar la torre de St Dunstan así como otras de las producciones «góticas» de la oficina de Wren se aprecia sin duda en su diseño y proporciones un evidente carácter clásico que luego se viste con una decoración y elementos góticos. En ocasiones se da también la coexistencia de motivos clásicos y barrocos. En el caso que nos ocupa esto se puede apreciar en la división en cuerpos de la torre con la

inserción de bandas con paneles resaltados y, entre otros elementos, en los arranques de las jambas de las portadas en la base de la torre, en las mensulillas de las cornisas y la decoración de máscaras o caras de las claves de los arcos que sustentan la aguja. Este eclecticismo no fue entendido o apreciado por autores Victorianos que si bien aprueban las líneas generales de la composición, critican duramente el uso de los elementos decorativos. Valga por ejemplo la opinión de George Godwin (1838): «Sir Christopher Wren, con su talento y habilidad, nunca sintió ni entendió las bellezas del estilo apuntado... y ...cuando se propuso diseñar en ese estilo... fracasó en los detalles» y continua refiriéndose a Saint Dunstan «aunque quizá sea una de sus mejores obras en el estilo apuntado su falta de esmero queda manifiesta: las molduras de las distintas partes de la torre pertenecen más a la arquitectura Italiana que apuntada; el reloj y los elementos que lo circundan están fuera de carácter... los arcos y la aguja... muestran la misma carencia de conocimiento en lo que respecta a los detalles, o la misma adherencia a formas Italianas».

Si mentalmente sustituimos los vanos apuntados por otros de medio punto o rebajados, el reloj por un vano circular u oval y los pináculos y almenados por pirámides rematadas en bolas y balaustradas clásicas, estaríamos ante una torre muy similar a la del resto de las iglesias de Wren. Véase por ejemplo Saintt Lawrence Jewry, Saint Mary Sommerset o Saint Margaret Pattens.

La participación de la oficina de Wren y la autoría del diseño

Como indica Jacques Heyman (2003), Wren fue el primer arquitecto moderno en Inglaterra y formó una oficina de arquitectura con una estructura que se puede equiparar a las grandes oficinas de arquitectura actuales del ámbito anglosajón. Con ella llevó a cabo la gran labor de reconstrucción de las iglesias y catedral tras el incendio. De este modo, Wren se rodeó de colaboradores como Robert Hooke, Edward Woodroofe, John Oliver, Thomas Laine, Nicholas Hawksmoor o William Dickinson entre otros, Con ellos compartía, y en otros casos delegaba, muchas de las tareas de diseño y supervisión de las construcciones. Esto hace que la atribución no sólo de los diseños, sino también de los dibujos sea una cuestión compleja lejos de estar resuelta. De entre los nombres anteriores destacan los de Robert Hooke y Nicholas Hawksmoor. Hooke, amigo personal de Wren y estrecho colaborador, fue una de las figuras más polifacéticas y creativas de su tiempo; científico, inventor, matemático, arquitecto. El papel que jugó en la reconstrucción de Londres tras el incendio fue vital, no sólo en su papel de *surveyor* midiendo, delimitando y certificando más de 4000 solares sino también por su intervención en el diseño de muchas de las iglesias. Como indica Cooper (2003), la relación e intercambio de ideas entre ambos era estrecho. Se reunían frecuentemente en Saint Paul, la oficina de Wren en Scotland Yard o en alguna obra de las iglesias y también para tomar café, cenar o simplemente charlar sobre los temas más diversos, relacionados muchas veces con su labor científica o de construcción. Su trabajo conjunto en las iglesias y catedral bien pudo darse en estos ámbitos. En las primeras etapas de construcción de 1670s y 1680s Wren habría dejado en manos de Hooke el diseño de la mayoría de las iglesias encargándose en muchos casos Woodrooffe y Oliver de su construcción. En una etapa posterior —Hooke deja de ocuparse de la reconstrucción de las iglesias en 1693— sería Hawksmoor el responsable de muchos de los diseños de torres y agujas y Dikinson el encargado de supervisar su construcción (Jeffery 1996). Al faltar en la mayoría de los caso evidencias concluyentes, esta adscripción no deja de ser una simplificación y es necesario en cada iglesia particular la investigación y estudio de los documentos que han llegado hasta nosotros.

En el caso de Saint Dunstan las fuentes documentales primarias que se conservan serían los libros de cuentas de la construcción, las cuentas de la parroquia, las actas de las reuniones del consejo parroquial y los dibujos originales existentes.[1] A través de ellos sabemos de las personas que estuvieron relacionadas con la construcción. De la Oficina de Wren aparecen los nombres de Hooke y Oliver, que eran su dos asistentes principales, el mismo Wren, Scarborough, Hawksmoor y Dikinson.

Como vimos anteriormente, el consejo parroquial anuncia en julio de 1663, tras la visita de Hooke y Dikinson el mismo mes, que la iglesia debe de ser reconstruida con financiación pública. El diseño se empezaría a gestar a partir de este momento. El 19 de septiembre de 1695 en las cuentas de la parroquia se recoge un gasto por «el alquiler de un coche a y des-

de la oficina de Wren». Desconocemos las razones de esta visita de gente de la parroquia a Wren pero por las cuentas de la construcción sabemos que el 11 de noviembre del mismo año se pagó «a Ephraim Beauchamp cantero por... el derribo de la antigua torre y la reconstrucción de parte de la misma». Pudo estar entonces relacionada con la aprobación del diseño por parte de los responsables de la parroquia y el acuerdo en los detalles para el inicio de las obras. En marzo del 1696 la parroquia paga a Scarborough 3 guineas y en abril otras 3 a un «asistente de Sir Christopher Wren» que bien pudo ser él también. Estos pagos, junto con un gasto en una taberna en julio «con Scarborough, los obreros y gente del consejo parroquial», unidos al dato de que Scarborough aparece como testigo de muchos de los pagos realizados a los obreros indicarían que era él quien supervisó la construcción en la etapa inicial. En abril de 1696 la parroquia paga un coche para ver a Wren y en mayo se le hace un obsequio que volvería a repetirse al año siguiente, junto con un gasto cuando «Wren vino a la parroquia». Un pago importante de 4 libras se efectúa a «Mr. Hawksmoor hombre de Sir Christopher Wren como regalo». Desde principios de 1697 las cuentas de la parroquia detallan también pagos a Dikinson así como gastos con él, y ese mismo año empieza también a figurar como testigo en pagos a los obreros.

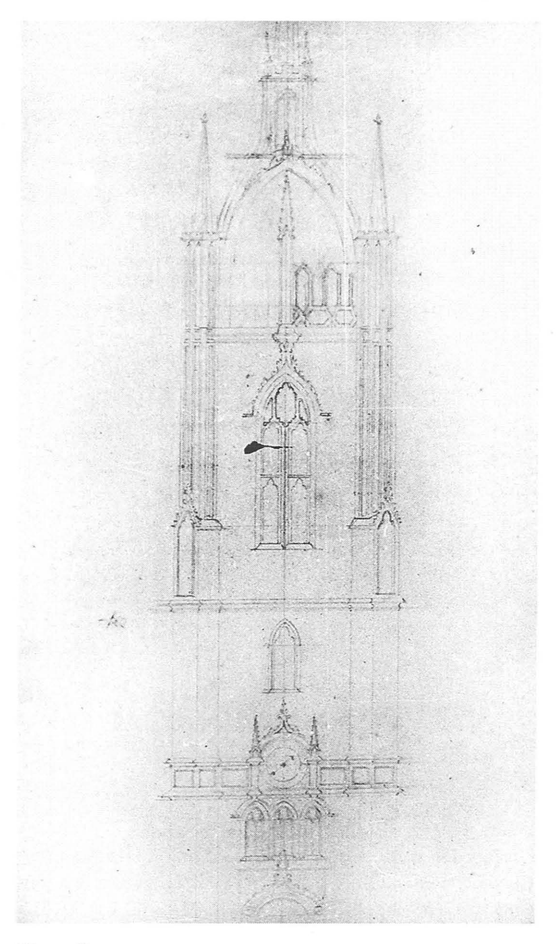


Figura 3
Diseño preliminar de la torre debido a Hawksmoor. El original se encuentra en la colección de Mrs Tweet Kimball of Sedalia, Colorado, USA. La imagen que reproducimos corresponde a una fotografía conservada en la Conway Library, The Courtauld Institute of Art London (Summerson 1970)

Del siglo XVII se conservan dos dibujos de la torre. Ambos representan el alzado oeste pero son muy diferentes. Mientras el primero a lápiz (figura 3), que sería el más antiguo, se trataría de un dibujo de trabajo, el segundo (figura 4) a lápiz, tinta y aguada está mucho más terminado y sería un dibujo de presentación. Tanto Summerson (1970) como Geraghty (2000) coinciden en señalar que ambos se deben a la misma mano. Geraghty atribuye el más acabado a Nicholas Hawksmoor por la técnica empleada en la aplicación de la aguada para sombrear y resaltar de modo realista los volúmenes y por algunos elementos como la barra de escala idéntica a la que aparecerían en otros dibujos de Hawksmoor.

Nicholas Hawksmoor llegó a la oficina de Wren a finales de 1970s o principios de 1680s y fue poco a poco desempeñando cargos de mayor responsabilidad hasta sustituir a Robert Hooke como asistente del primero en torno a 1697. Ya desde los años 1685 y 1686 empezaría a colaborar de algún modo con Hooke y Wren en el diseño de las últimas de las iglesias que la oficina construiría y en los remates de muchas de las torres. Así lo reflejan los pagos que le efectúan esas parroquias pero también por la introducción de nuevos detalles decorativos caracterizados por imaginativos diseños ornamentales. Estos elementos son mucho más barrocos y poseen una frescura y originalidad en la combinación de elementos clásicos que no se da en los diseños anteriores a su llegada. Compárese por ejemplo el remate de la to-



Figura 4
Diseño del alzado de la torre. Atribuido a Hawksmoor. Geraghty (2000).Original a escala de 4 1/2 pies a una pulgada. (c) The British Library Board. Maps K.Top.23.13.a

rre de Lawrence Jewry, terminada en 1680, con el de la de St Mary Somerset concluida en 1694. En las claves de los vanos de esta última aparece además un detalle típicamente Hawksmooriano: los relieves de caras o máscaras, que usaría profusamente a lo largo de su carrera.Se pueden ver, entre otros lugares, en las urnas de St Bride, los obeliscos del remate de St Agustine Old Change, la orangerie del palacio de Kensington, en ornamentos de Castle Howard y también en las claves de los arcos que sustentan la aguja de Saint Dunstan.

Volvamos ahora al primero de los dibujos. El diseño que muestra es más exuberante y atrevido, en cierto modo más desordenado: El acceso en la base se remata con un arco rebajado y una arquivolta conopial. Sobre él y aún en el cuerpo inferior aparece una agrupación de tres vanos apuntados cada uno con parteluz. Luego el reloj, que se remata de modo similar al vano de acceso y supera en altura a la faja que divide el cuerpo inferior y el intermedio. En este último encontramos un solitario arco apuntado sin parteluz y finalmente en el cuerpo superior de las campanas un gran vano apuntado subdividido por tracería. La arquivolta que lo remata se enlaza con el pinaculillo del parapeto. Son profusos los ornamentos vegetales en forma de ganchos en las arquivoltas y en la transición de la sección cuadrada a la octogonal de los contrafuertes. Hay otro detalle muy interesante precisamente en estos elementos. La sección octogonal presenta unas acanaladuras en sus caras en toda su longitud que al no verse interrumpidas por cornisas confiere al diseño una gran verticalidad. Algo muy similar puede verse en los cuerpos superiores de la torre de Saint Martin Cornhill debida a Hawksmoor donde además aparecen arcos rebajados rematados por arquivoltas conopiales idénticas a las del dibujo. Todos estos datos apoyarían su autoría en este diseño. Si observamos ahora el segundo dibujo, vemos que el diseño ha perdido espontaneidad pero ha ganado en equilibrio y orden. La división entre los distintos cuerpos queda claramente marcada por cornisas y bandas horizontales estando el reloj perfectamente encajado en una de ellas. La decoración de ganchos se limita ahora sólo a los arcos de la aguja y a las portadas de la base. Los contrafuertes octogonales que culminan en los pináculos se interrumpen por cornisas a la altura del parapeto y en el punto de arranque de los arcos perdiéndose así su verticalidad. Los distintos vanos son ahora más regulares y el diseño en general es más coherente.

A la luz de todos los datos anteriores no es muy aventurado pensar que fue Hawksmoor quien inició el diseño y éste evolucionó por la influencia de un sexagenario Wren que fue atemperando el desbordante entusiasmo creativo de su joven asistente. Este proceso culminaría en el diseño finalmente ejecutado que es el más equilibrado, clásico y unitario de los tres.

La solución de la Aguja

El remate de la torre está formado por una atractiva composición de un chapitel que se sustenta sobre el

cruce de dos arcos apuntados diagonales con cuatro pináculos en las esquinas. Junto con las críticas que en el siglo XIX recibió la torre por el modo ecléctico en que Wren reinterpretaba el gótico se unen con frecuencia las de falta de originalidad de la solución del remate en corona. Varios autores lo comparaban con las coronaciones góticas de St Giles en Edimburgo o St Nicholas en Newcastle, en favor de las últimas. A pesar de esto St. Dunstan siempre fue admirado por lo refinado de su diseño y considerado como un alarde constructivo y estructural. El arquitecto John Clayton que en 1848–1849 publicó plantas, secciones y alzados acotados de las iglesias de Wren lo expresa de este modo:

> La linterna de St Dunstan in the East es una obra remarcable tanto por su construcción como por su armonía. Ningún ejemplo de la antigüedad le alcanza en estas cuestiones. El de St. Nicholas en Newcastle, casi el único espécimen que se ha conservado después de la destrucción de la antigua St Mary le Bow, a su lado no merece ni mención. En Saint Nicholás su poca esbeltez junto con la reducida altura de la linterna y el poco desarrollo de los arbotantes hacen que den la apariencia de estar sobredimensionados para resistir su empuje. Sin embargo Saint. Dunstan se eleva ligero y elegante y todas sus partes parecen estar en equilibrio transmitiéndonos la impresión de encontrarnos sin duda alguna ante una obra maestra (Clayton 1852).



Figura 5
Sello de plata encontrado en las ruinas de la antigua iglesia de Saint Mary le Bow que muestra el remate de la torre

Merece la pena recoger también por su autoridad las opiniones de James Elmes ingeniero, arquitecto, y biógrafo de Wren: «por la belleza de su concepción y al tiempo genial ejecución la transcendental aguja de St. Dunstan in the East es la más lograda construcción de su tipo en Europa» (Elmes 1826) y Sir John Soane, que de un modo poético afirma: «produce en nuestras mentes una especie de emoción que combina placer y sufrimiento, similar a la que se siente al contemplar la aguja de San Dunstan in the East, esa celebrada obra de ingeniería de sir Christopher Wren» (Watkin 2000).

Es indudable el parecido con el remate de Saint Nicholas que es mayor incluso en los dibujos que hemos tratado que en la obra ejecutada. Sin embargo, por cercanía, es más razonable que Wren encontrara la inspiración en la torre de la antigua iglesia de St Mary le Bow anterior al incendio de 1666. Como se puede apreciar en la figura 5 consistía en una configuración similar.

En los dibujos originales se puede apreciar también elementos interesantes respecto a la configuración geométrica de los arcos que sustentan la aguja. En el más antiguo, el alzado de los mismos se representa según un arco apuntado a modo de *vesica piscis*. La intención formal está clara pero la solución geométrica estereotómica no está resuelta y el conseguir este alzado implicaría una porción de bóveda cuatripartita por intersección de dos cañones apuntados. El segundo dibujo indicaría que ya se ha llegado a la solución definitiva y se estarían representando la intersección de dos arcos apuntados diagonales que dan como alzado un arco formado por dos porciones de elipse unidas en la clave por un tramo circular. Ésta es precisamente la solución ejecutada que tridimensionalmente produce una compleja estereotomía de las dovelas superiores de los arbotantes como se muestra en la figura 6.

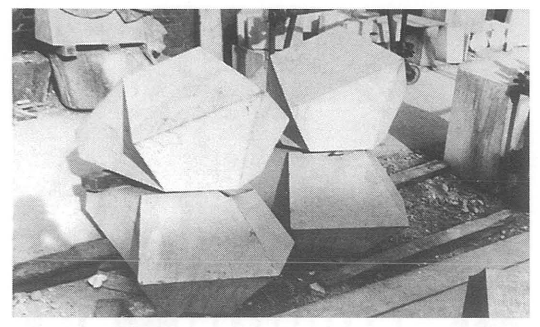


Figura 6
Dovelas superiores de los arbotantes en su unión con el anillo superior sobre el que descansa la aguja. Fotografía tomada durante el proceso de restitución del remate sobre 1953. City of London, London Metropolitan Archives

Sobre la construcción, su duración, materiales y sistemas

Un edificio acabado no permite, en muchas ocasiones, obtener muchos datos sobre su construcción siendo mucho más didáctico el estudio de ruinas u obras en proceso de edificación. En este sentido, además de con la obra misma, contamos con dos fuentes de gran interés; las cuentas de la construcción a las que ya nos hemos referido y la documentación que se conserva de los trabajos y reparaciones que la oficina de Sir Herbert Baker & Scott llevó a cabo tras el bombardeo de la iglesia.[1]

Las cuentas de la construcción detallan los pagos realizados a quienes llevaron a cabo la ejecución material. Se encuentran desglosados indicando los materiales y las labores realizados y al estar fechados nos permiten estimar la duración de los trabajos. De entre ellos destacan, como es obvio, el del cantero Ephraim Beauchamp[2] que estudiaremos para conocer el progreso de las obras. Así, en noviembre de 1695 la antigua torre ya ha sido demolida y se ha empezado la nueva. En Mayo 1696 se ha progresado hasta el arranque de los arcos de las puertas de acceso. En abril de 1697 se ha alcanzado la tercera cornisa y en Mayo el alfeizar de los vanos del cuerpo de campanas. Para finales de febrero de 1698 el cuerpo de la torre está terminado. En agosto de 1698 se ha llegado al nivel del arranque de la base de los pináculos que se culminan a finales de octubre. El remate con la aguja no se finalizará hasta mayo de 1701, extendiéndose la construcción de la torre un periodo de seis años.

Respecto a los materiales y sistemas empleados podemos indicar el uso de 5 tipos de piedra caliza. La procedente de *Portland* fue la más generalizada en la sillería de la torre. Aparece el uso de piedra de *Kentish*, de mayor resistencia, «para traba». Destacan cuatro sillares de 4 pies de longitud «para la traba de los contrafuertes con las esquinas». La piedra de *Reigate* se emplea en las molduras por su uniformidad y facilidad para la talla y también se detallan el empleo de piedra de los tipos *Budfrod* y de *Purbeck*. Ésta última para pavimentos. Cabe destacar que entre las tareas del cantero se detalla la disposición de cadenas de hierro forjado embebidas en la sillería; en el tramo comprendido entre el arranque de los arcos de los vanos de acceso «dos cadenas grandes», otra hasta el alféizar del vano del cuerpo superior y desde ahí hasta la coronación de la torre otras dos. Se menciona también la disposición de ocho barras diagonales en los ocho ángulos de la torre. Estas barras serían las «correas metálicas» a las que se refiere Richard Maddock, arquitecto de la oficina de Baker en el acta de una visita a las ruinas de la iglesia: «Es obvio que Wren había dispuesto tirantes cruzados de madera a la altura de la cubierta anclados a las cuatro esquinas por correas metálicas. Éstas aún se ven colgar de los cuatro ángulos pero los maderos se quemaron. Así la torre está ahora sin los tirantes que Wren consideraba necesarios». Junto con el zuncho que se dispone bajo el parapeto formarían un pretendido sistema de atirantado de los arcos diagonales que sustentan la aguja. En los pagos a Beauchamp también se refleja los volúmenes de relleno de cal y canto empleado. Éste desaparece por encima de la cornisa superior de la torre lo que indicaría una construcción de gran calidad exclusivamente en sillería para el remate, que es el elemento estructural más destacado. Los herreros, entre otros elementos, suministran las cadenas, ganchos para las piedras y grapas para la unión de los sillares incluyendo el plomo para su colocación por el cantero. Ente los trabajos realizados por los carpinteros están los forjados de madera de roble de los distintos niveles, la elaboración de cimbras para los arcos y andamios. El vestíbulo del acceso de la torre se cubre con una bóveda de ladrillo con óculo que luego se acaba con yeso.

ANÁLISIS ESTÁTICO. «¿TODAS LAS TORRES DAÑADAS? ¡LA DE SAINT DUNSTAN SEGURO QUE NO!»

Cuando informaron a Wren de que una fuerte tormenta había dañado todas las torres de las iglesias él afirmo con convicción: ¿todas? ¡La de Saint Dunstan seguro que no! Esta anécdota popular recogida por James Elmes en su autobiografía de Wren refleja el interés y admiración que la estructura que remata la torre de Saint Dunstan siempre ha suscitado. Analizaremos ahora su comportamiento estructural a la luz del análisis límite (Elmes 1823).

La geometría y la elaboración del modelo

Para realizar el análisis se procedió a una modelización tridimensional de la estructura en un programa de dibujo asistido por ordenador basándose en los levantamientos existentes y en datos recogidos in situ. De este modo se estudió la geometría y se calcularon los pesos de sus diferentes partes.

De entre los levantamientos nos hemos basado principalmente en uno que se conserva entre los dibujos sin catalogar del archivo de Herbert Baker en las colecciones del Royal Institute of British Architects realizado cuando Baker & Scott se ocuparon de la restauración de la Iglesia.[1] De entre los publicados hemos consultado principalmente el que aparece en Pugin (1838) que es muy detallado. Otros alzados pueden encontrarse en Clayton (1848) que contiene una sección diagonal y en Birch (1896).

Análisis límite de estructuras de fábrica

Entendemos por fábrica una construcción formada por un conjunto de piezas ya sean de piedra, ladrillo u otro material rígido, dispuestas de tal modo que formen una estructura estable. Pueden estar unidas entre sí con algún mortero o simplemente unas sobre las otras. De cara al análisis estructural la fábrica puede ser caracterizada por tres hipótesis básicas (Heyman 1999):

I. La fábrica no tiene resistencia a tracción.
II. En los tamaños habituales de los edificios las tensiones que se dan son tan bajas que podemos considerar que la fábrica tiene una resistencia a compresión ilimitada.
III. No es posible el fallo por deslizamiento.

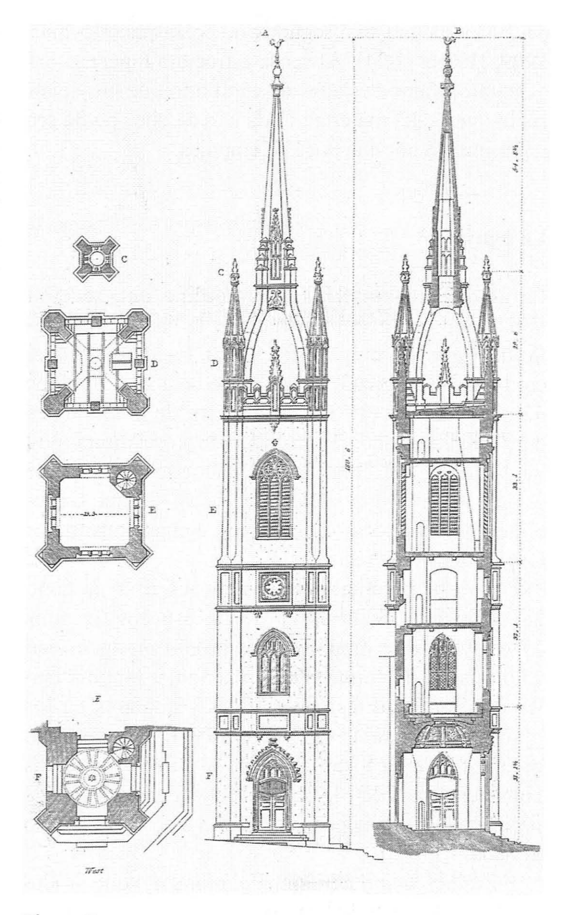


Figura 7
Lámina con alzado, plantas y sección de la torre. Nótese la existencia de pechinas debajo de los arcos cruzados (Pugin 1838)

Estas hipótesis son de gran utilidad ya que como señala Heyman nos permitirán analizar la estructura dentro del marco del análisis límite. En cualquier caso se trata de hipótesis simplificadoras, en general del lado de la seguridad, que deberán ser comprobadas a posteriori.

Dentro del marco del análisis límite aplicado a las estructuras de fábrica, caracterizada por las tres hipótesis básicas anteriores, podemos enunciar el teorema fundamental de la seguridad del siguiente modo: si se puede encontrar un estado de esfuerzos de compresión dentro de la fábrica, en equilibrio con las accio-

nes, la estructura será segura y no colapsará (Heyman 1999; Huerta 2004). Al ser la estructura hiperestática existirán infinitos estados de equilibrio que no violan las hipótesis del material. Cada uno de ellos podrá ser representado por una línea de empujes.

La aguja

La aguja de Saint Dunstan presenta una sección transversal octogonal teniendo en la base un diámetro de 6 pies y 4 pulgadas (1,93 m). La altura hasta el comienzo del remate de esfera y veleta es de unos 32 pies y medio (10 m) y el espesor de la fábrica es de 9 pulgadas (unos 23 cm) Debido a esta altura muy moderada, la relación entre el diámetro y el espesor es de 8,4, valor muy alejado de los 24–30 que Ungewitter señalaba como límite para agujas construidas en piedra de baja resistencia.

Dada esta geometría es posible inscribir un cono en el interior de la aguja de un espesor de unos 17 cm y de este modo el peso propio producirá tan sólo estados de compresión en la aguja; longitudinales a lo largo de las generatrices y anulares en los planos horizontales (Heyman 1999). Sin embargo para estudiar la estabilidad de la misma debemos considerar también la acción del viento que puede producir el colapso por vuelco, el vuelo del remate o agrietamientos.

En cada sección horizontal el momento que produce la acción el viento debe ser compensado por el momento de estabilidad que proporciona el peso de la parte de aguja por encima de ese plano. Es común calcular la fuerza del viento como el producto de la presión dinámica del viento por el área eficaz o aparente. Este producto habría que ponderarlo con un factor que recogiera las particularidades formales de la aguja. En este caso consideraremos ese factor igual a la unidad Heyman (1999).

La figura muestra el análisis gráfico de la estabilidad del remate y de la base de la aguja para una fuerza del viento de 1 KN/m^2 y una densidad de la piedra *Portland* de 24 KN/m^3. Las seis hiladas superiores son de una sola pieza y las dos siguientes están formadas por dos sillares cada una unidas por grapas. En cualquier caso las 7 hiladas superiores son macizas y se encuentran unidas entre sí por el eje de la veleta que se ancla por prolongación en la fábrica y hace que actúe de modo solidario. El análisis revela factores de seguridad superiores a tres para el vuelco. Se ha representado también el núcleo central de inercia de las secciones horizontales. La resultante, para el caso del remate, cae en su interior pero muy cerca de su borde con lo que para vientos de intensidad 1 KN/m^2 no se producirán fisuras que sí empezarán a aparecer con vientos de intensidad superior.

Sobre la estabilidad de la torre

En el caso de estructuras tridimensionales es de gran utilidad el empleo del método de los cortes (Heyman 1999) que permite analizar el problema, o al menos parte de él, de un modo bidimensional. El procedimiento consiste, en primer lugar, en imaginar la estructura dividida en una serie de partes. Para cada una ellas se obtienen luego los empujes que ejercerán sobre los apoyos o/y sobre las otras partes. Si al final todas las reacciones están en equilibrio y las líneas de empujes contenidas dentro del grosor de la fábrica, la solución obtenida será segura, y basándonos en el teorema fundamental de la seguridad podremos afirmar que la estructura no colapsará.

En nuestro caso debido a la simetría del remate se decidió dividir la estructura en cuatro partes correspondiendo cada una de ellas a uno de los semiarcos que forman los dos arcos diagonales que sustentan la aguja. Ésta se consideró como una quinta parte. Para el cálculo de volúmenes y el trazado de las líneas de empujes se consideraron los planos de corte existentes en la estructura real. Es decir los planos horizontales de las distintas hiladas y los planos que materializan las dovelas en el caso el arco. Esto permite analizar al mismo tiempo posibles riesgos de fallo por deslizamiento cuando el ángulo que forma la dirección del empuje con el plano de junta supera el ángulo de rozamiento que suele estar en torno a 30º–35º.

El problema es análogo al del trazado de la línea de empujes en una cúpula con linterna. En este caso la linterna vendría representada por la aguja y del mismo modo los cuatro arcos se unen en un anillo de fábrica que presenta un óculo. Para que se produzca el equilibrio del semiarco debemos considerar la acción producida por el otro semiarco. Esto es un empuje horizontal que debe actuar en la clave y que se transmite a través del anillo mencionado.

De entre las infinitas líneas de empuje que representan estados de compresión en equilibrio con las

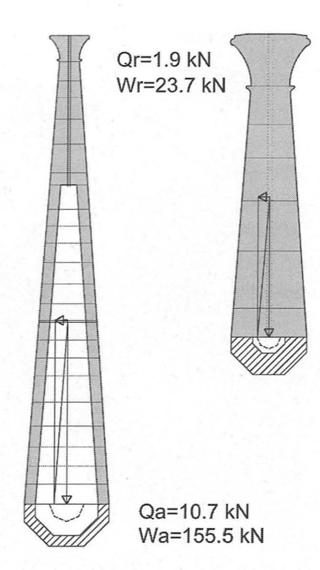


Figura 8
Análisis gráfico de la estabilidad de la aguja. El remate se ha representado a escala doble. *Q* es la fuerza del viento y *W* el peso de la fábrica

cargas buscaremos la de empuje mínimo. Según el teorema fundamental de la seguridad bastaría con encontrar una cualquiera para poder afirmar la seguridad de la estructura. En la práctica un inevitable desplazamiento de los apoyos bajo el empuje del arco tras su descimbrado junto con asiento de la cimentación conducirán a una configuración de las grietas-articulaciones que corresponde precisamente a ese empuje mínimo. Dado el grado hiperestático del arco hacen falta tres condiciones para determinar una línea de empujes (Huerta 2004). En el caso del arco simétrico la simetría proporciona una condición y tras varios tanteos se determinaron otras dos para el caso del empuje mínimo; el punto de aplicación de la acción horizontal en lo alto del anillo en el que se unen los semiarcos y el paso de la línea de empujes por el intradós de la junta del arranque.

A la vista de la sección y el análisis gráfico de equilibrio que se muestran en la figura 9, podemos comentar diversas cuestiones. En primer lugar se ve que la estructura es segura. La línea de empujes discurre dentro de la fábrica hasta el suelo y se encuentra bien centrada en el apoyo. Se ha considerado en este análisis el aporte que en la estabilidad propor-

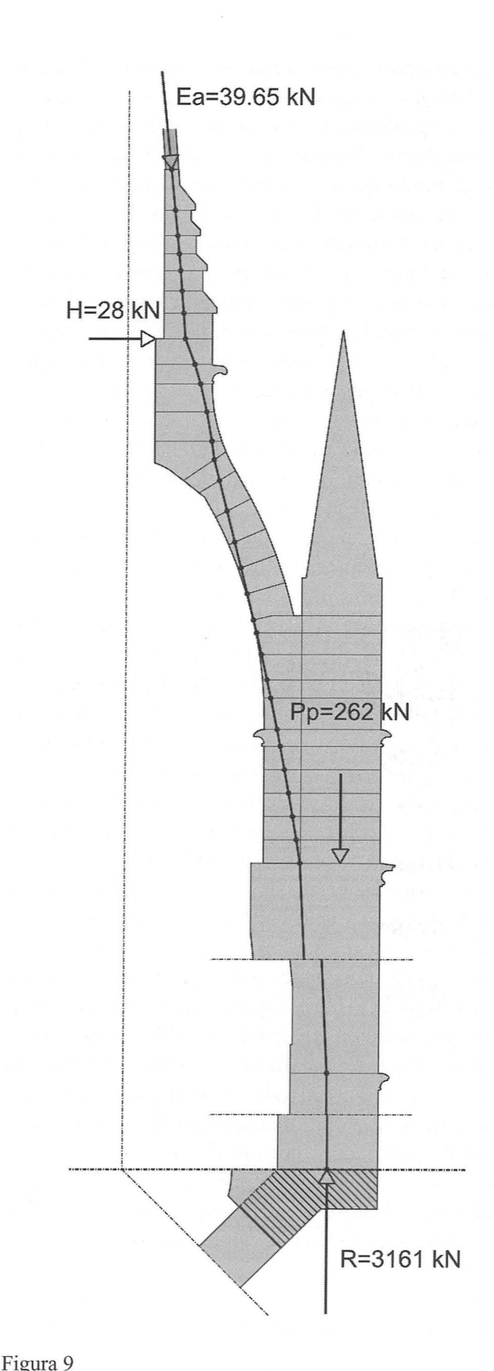


Figura 9
Análisis gráfico de la estabilidad de la torre. Se muestra la línea de empuje mínimo. Las flechas no están a escala. Para el cálculo de la estabilidad sólo se ha considerado la parte de los muros de la torre que se muestra rallada en la planta

ciona una porción de los muros de la torre. De cualquier forma se comprobó que aún sin este aporte adicional la resultante se encontraba alejada del borde del contrafuerte. Respecto a la geometría de los arcos se ve de modo claro que dentro de su grosor es posible trazar una recta de modo cómodo. De hecho se podría hacer también en un arco de grosor incluso inferior a la mitad. Así el arco podría resistir el peso de cualquier aguja si los apoyos proporcionasen el debido contrarresto. La composición formal y geométrica del remate, con los cuatro semiarcos o arbotantes uniéndose para sustentar la aguja es muy efectista y da esa sensación de ligereza y alarde estructural tan alabado. Al tiempo su verticalidad, hace que los empujes laterales sean muy moderados y por tanto la estructura muy robusta.[3]

Hay también una serie de consideraciones constructivas interesantes. La junta de los arranques de los arcos presenta una línea quebrada que hace la transición entre las hiladas radiales del arco y las horizontales de los apoyos. Al no haber en esa hilada continuidad hasta el pináculo se optó por ese tipo de junta para eliminar el riesgo de fallo por deslizamiento. Para la línea de empujes mínima que se ha trazado, la inclinación de los mismos nunca llega a ser comportar riesgo de deslizamiento de los sillares. Observando la fotografía de la figura 10 que fue tomada durante la reconstrucción del remate de la torre se aprecia que las piezas de las dovelas se encuentran machihembradas y se están disponiendo sobre lechos de plomo. Esta meticulosa y costosa construcción mostraría una preocupación de los constructores por la estructura de los arcos que sustentan la aguja buscando una solución que evitara posibles deslizamientos y al tiempo asegurara una uniforme distribución de la compresión en todo el plano de las juntas. Adaptándose el plomo bien a pequeños movimientos tras el descimbrado o por otras causas. En cualquier caso cabe la posibilidad de que este detalle se implementara en el proceso de reconstrucción de 1953 y no estuviera presente en la estructura original.

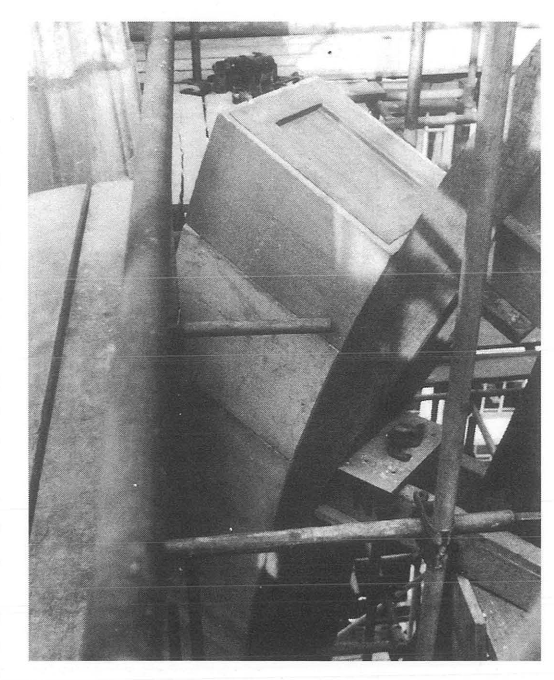


Figura 10
Fotografía tomada durante el proceso de restitución del remate en la que se aprecia el machihembrado de las dovelas de los arcos y los lechos de plomo de las juntas. 1953. City of London, London Metropolitan Archives

Conclusiones y estudios futuros

Como hemos visto la iglesia de *Saint Dunstan in the East* presenta interesantes detalles tanto en su diseño como en su construcción y estructura. Éstos nos pueden sin duda ayudar a profundizar más en la labor de Wren y su oficina en la reconstrucción de Londres tras el incendio.

Las iglesias de la Ciudad de Londres que la oficina de Wren diseño y ejecutó para sustituir a las que desaparecieron en el incendio de 1666 suponen un conjunto de gran interés por su originalidad y variedad. Representan un inmenso catálogo tanto de soluciones formales compositivas como constructivas y estructurales. Se ha escrito sobre su influencia en la creación de un modelo de iglesia anglicana y también desde el punto de vista formal dentro de la Historia de la Arquitectura. Sin embargo los estudios desde el punto de vista de la Historia de la Construcción son muy escasos si no inexistentes y nunca se han estudiado en conjunto. Sus estructuras nos pueden dar claves para comprender mejor la construcción de la época y la influencia que tuvieron como laboratorio formal y constructivo en la materialización de la Catedral de San Pablo y también la in-

fluencia que ésta pudo tener sobre algunas de ellas. Los dibujos que John Clayton publicaría en 1848 nos permiten un primer acercamiento. Sin embargo es necesaria en algunos casos la realización de nuevos levantamientos que nos permitan conocer mejor sus geometrías y el estudio de la abundante documentación conservada. Analizando desde la perspectiva de la Historia de la Construcción fuentes primarias como los libros de cuentas de su construcción o los dibujos originales podemos, como hemos visto, prácticamente reconstruir su proceso de diseño y construcción.

Agradecimientos

Agradezco a todas las personas que en mayor o menor medida me han prestado su ayuda y apoyo durante el desarrollo del presente estudio. Querría destacar en particular a las siguientes instituciones y personas: El presidente de la Sociedad Española de Historia de la Construcción Santiago Huerta, el Royal Institute of British Architects conjuntamente con el Victoria and Albert Museum. Allí siempre me atendieron en mis frecuentes visitas y me proporcionaron acceso a los dibujos de Herbert Baker. La *Guildhall Library* y los *Metropolitan London Archives* me permitieron consultar los manuscritos de los libros de cuentas de la construcción y su interesante colección de fotografías. La British Library me dio acceso a dibujos originales de Wren y Hawksmoor. El museo de Sir John Soane y el Courtyad Institute of Art también me proporcionaron información relevante. Raquel de Francisco que me apoyó durante todo el proceso y me animó para seguir la investigación.

Notas

1. Se detallan a continuación la referencia para varias de las fuentes que se citan en el texto y su localización en los distintitos archivos. Los libros de cuentas de la construcción se conservan en la colección de manuscritos de la GuildHall Library GL,MS25539/8. También allí se encuentran las Cuentas de la Parroquia: GL MS 7882/2 y 7882/3. Un extracto de las actas de reuniones del consejo parroquial se puede consultar en *Wren Society,*XIX,18. Los dibujos y correspondencia de Sir Herbert Baker se conserva en las colecciones del Royal Institute of British Architects en el museo Victoria and Albert en Londres con las siguientes referencias: Dibujos ref.[XII/A].: Correspondencia: ref.BaH/14/2–3.
2. Para más información sobre Ephraim Beauchamp consúltese (Campbell 2009).
3. Esto fue hecho ver por el arquitecto Billings en la discusión que siguió a la lectura del artículo que John Clayton en el RIBA los días 5 y 26 de abril de 1852. Billings mostró su desacuerdo con Clayton respecto al mérito de Wren en la estructura de Saint Dunstan donde el empuje es casi vertical indicando que en Saint Nicholas de Newcastle y en otros ejemplos góticos la solución estructural era más meritosa (Clayton 1852).

Lista de referencias

Baker, Herbert, *Drawings by Herbert Baker* – ref. [XII/A]. Dibujos sin catalogar referentres a Saint Dunstan. En los archivos del Royal Institute of British Architects.

Baker, Herbert 1932–33 *Herbert Baker Archive*, ref. BaH/14/2. En los archivos del Royal Institute of British Architects.

Birch, George Henry. 1896. *London churches of the XVIIth and XVIIIth centuries*. London: B.T. Batsford.

Bradley, S., & Pevsner, N. 1998. *London: The city churches*. Buildings of England. London: Penguin Books.

Campbell, James W.P. 2009. Building a Fortune: The Finances of the Stonemasons Working on the rebuilding of St Paul's Cathedral 1675–1720. En *Proceedings of the Third International Congress on Construction History. Cottbus.*

Clayton, J. 1848. *The dimensions, plans, elevations and sections of the parochial churches of Sir Christopher Wren erected in the cities of London and Westminster.* London: Longman, Brown, Green and Longman.

Clayton, J.1852. Towers and Spires of the City Churches: The Works of Sir Christopher Wren. En *The Civil Engineer and Architect Journal.* London.

Cooper, M. A. R. 2005. *Robert Hooke and the rebuilding of London.* Stroud: Sutton.

Downes, K. 1970. *Hawksmoor.* New York: Praeger.

Du Prey, P. *d. l. R.* 2000. *Hawksmoor's London churches: Architecture and theology.* Chicago: University of Chicago Press.

Elmes, J. 1823. *Memoirs of the life and works of Sir Christopher Wren, With a brief view of the progress of architecture in England, from the beginning of the reign of Charles the First to the end of the seventeenth century; and an appendix of authentic documents.* London: Priestley and Weale.

Elmes, J. 1826. *A general and bibliographical dictionary of the fine arts: Containing explanations of the principal*

terms used in the arts of painting, sculpture, architecture and engraving ... historical sketches of the rise and progress of their different schools ; descriptive accounts of the best books and treatises on the fine arts. London: Thomas Tegg.

Fürst, V. 1956. *The architecture of Sir Christopher Wren*. London: Lund Humphries.

Geraghty, Antony. 2000. Nicholas Hawksmoor and the Wren City Churches Steeples. En *The Georgian Group Journal*. Vol X, 1–14. London.

Godwing, George. 1838. *The Churches of London*. London: C. Tilt.

Gunther, Robert T. 1935. *Early Science in Oxford, X, 257*. Oxford: Gunther.

Heyman, J. 1995. *The stone skeleton: Structural engineering of masonry architecture*. Cambridge: Cambridge University Press.

Heyman, J. 1999. *El esqueleto de piedra: Mecaìnica de la arquitectura de faìbrica*. Textos sobre teoriìa e historia de las construcciones. [Spain]: CEHOPU.

Heyman, J. 2003. Wren Hooke and Partners. En Huerta S. (ed.), *Proceedings of the First International Congress on Construction History*, vol.1. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Heyman, J. 1697. Spires and fan vaults. *International Journal of Solids and Structures*. 3:243–258.

Huerta Fernaìndez, S. 2004. *Arcos, bóvedas y cúpulas: Geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica*. Textos sobre teoriìa e historia de las construcciones. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Inwood, S. 2002. *The man who knew too much: The strange and inventive life of Robert Hooke, 1635–1703*. London: Macmillan.

Jardine, L. 2003. *The curious life of Robert Hooke: The man who measured London*. London: HarperCollins.

Jeffery, P. 1996. *The city churches of Sir Christopher Wren*. London: Hambledon Press.

Keene, D., Burns, A., & Saint, A. 2004. *St. Paul's: The Cathedral Church of London, 604–2004*. New Haven: Yale University Press.

Laing, David. 1818. *Plans, elevations, and sections, of buildings public and private*. London: J Taylor.

Murray, T. B. 1859. *Chronicles of a city church: Being an account of the parish church of St in the East, in the City of London*. London: Smith.

Pugin, A. 1838. *Illustrations of the Public Buildings of London*. London: J. Weale. Vol. 1.

Sekler, E. F. 1956. *Wren and his place in European architecture*. London: Faber and Faber.

Watkin, D. 2000. Sir John Soane: The Royal Academy lectures. Cambridge: Cambridge University Press.

Stow, John. 1598. A survey of London. London.

Summerson, J. 1970. Drawings of London Churches in the Bute Collection: A Catalogue. En Architectural History, Vol. 13, 30–118. SAHGB Publications Limited.

Summerson, J. 1993. Architecture in Britain, 1530 to 1830. Yale University Press Pelican history of art. New Haven: Yale University Press.

Tinniswood, A. 2001. His invention so fertile: A life of Christopher Wren. London: Jonathan Cape.

Watkin, D. 2001. *English architecture: A concise history*. World of art. London: Thames & Hudson.

Whinney, M. D. 1971. *Wren*. London: Thames and Hudson.

Wren, Christopher (hijo). 1750. *Parentalia: or, memoirs of the family of the Wrens*. London: Stephen Wren.

Wren, Christopher. 1713. *A report on Westminster Abbey*.

Cubiertas laminares de hormigón tras la segunda guerra mundial. Soluciones en edificios industriales

Rafael García García
Roberto Osuna Redondo

El periodo que siguió a la finalización de la segunda guerra mundial se caracterizó por un importante desarrollo experimental en el campo de la edificación. Dentro de él destacaron especialmente las aplicaciones del hormigón armado, material sobre el que se había alcanzado un gran conocimiento en la etapa anterior, pero que no había encontrado, sin embargo, un uso suficientemente generalizado. A este respecto, van a ser precisamente las formas superficiales de tipo delgado o cáscaras las que van a suponer la principal innovación en las primeras décadas tras la finalización del conflicto. Estas formas laminares ya habían sido estudiadas en su aparato matemático desde los años 20, especialmente en el ámbito alemán, y sobre ellas quizás la más importante aportación fue la comprensión del comportamiento de membrana. Según éste, los esfuerzos en una cáscara delgada, pero suficientemente rígida, sólo serían de compresión, tracción y cortante, pero no existirían en ningún caso flexiones. Debido a esta ausencia de flexiones el espesor podría reducirse hasta unos pocos centímetros con tal de que la forma y sus apoyos cumplieran ciertas condiciones fundamentales. Naturalmente, pronto se vio que el hormigón armado, por su capacidad moldeable, sería el material más adecuado para realizar estas superficies resistentes con la inclusión en su interior de armaduras de acero para los esfuerzos de tracción y cortante.

Su estudio teórico planteó en un principio, sin embargo, serias dificultades de aplicación práctica excepto para una serie de casos de geometría sencilla y, como consecuencia, serán estas formas las adoptadas por las primeras soluciones. Aquí habría que hacer una mención especial a los constructores alemanes Zeiss-Dywidag[1] (Dyckerhoff & Widmann), que patentaron un sistema de construcción laminar de referencia, y al ingeniero alemán Franz Dischinger quien, aparte de sus elaboraciones teóricas, pudo llevar a cabo, ya antes de la guerra, muy importantes realizaciones. En primer lugar están sus soluciones derivadas de la cúpula esférica, pudiéndose citar el ya casi legendario planetario de Jena de 1926 cubriendo una planta circular de 25 m de radio con un espesor de cáscara de 6 cm, y sus notables desarrollos inmediatamente posteriores en el Großmarkthalle de Basilea sobre planta octogonal de diámetro de 60 m con 8 cm de espesor y terminado en 1929, y el gran mercado de Leipzig finalizado al año siguiente con dos cúpulas gemelas sobre plantas del mismo tipo y diámetro 65,80 m. De los dos últimos sería característico el empleo de nervaduras de refuerzo ascendiendo a partir de los vértices de la base, por lo que no serían superficies de cáscara totalmente lisa. Sorprendentes también son su serie de bóvedas cilíndricas horizontales para el imponente gran mercado de Frankfurt ya que, con los 50 × 17 m cubiertos por cada una de ellas, proporcionó a su vez un notabilísimo ejemplo para el otro tipo de superficies laminares realizadas antes de la guerra.

Otros ejemplos importantes a incluir aquí serían, el mercado de Algeciras en España de Eduardo To-

rroja con 47,80 m de diámetro (1933), también una solución de cúpula sobre planta octogonal, o la más modesta pero muy anticipada cúpula de la Cenakelkerk para la Fundación Tierra Santa en Nijmegen, Holanda, de 14,5 m y 10 cm de espesor proyectada por el ingeniero Wiebenga en 1914. Asimismo, y en cuanto a láminas cilíndricas es preciso indicar que aunque soluciones como la descrita de Dischinger en Frankfurt, actuando a modo de grandes vigas de sección curva, fueron quizás más minoritarias tuvieron también excelentes ejemplos en las tribunas del hipódromo de Madrid y en el frontón Recoletos de la misma ciudad, ambas obras de Torroja y destacables por sus arriesgadas condiciones de sustentación. Probablemente más frecuentes fueron, sin embargo, las realizadas con la disposición alternativa en que eje de nave y de la superficie cilíndrica coinciden como, por ejemplo, en las construidas en 1912 también por Wiebenga para las naves de la Société Céramique de Maastricht, con luces de algo más de 15 m y en las que, como en la mayoría de las de este tipo, y dada la ausencia de elementos de contrafuerte, se dispusieron delgados tirantes de atado. Sobre este breve panorama de antecedentes además de los autores y obras citados deberían sumarse otros destacados nombres que como Finsterwalden, Fauconnier, Jacobsen, Flügge, Lundgren o Girkmann en materia de cálculo contribuyeron de forma decisiva con su trabajo preparatorio para lo ocurrido a partir de finales de los cuarenta.

En este campo de las aplicaciones para la edificación industrial es significativo que, tras la guerra, dichas formas laminares se van a ver como una solución eficiente y competitiva frente a otras alternativas de cubrición como el acero, el cual había hasta entonces dominado en este sector. Por ello una característica de estas soluciones en el ámbito industrial va a ser la de la tipificación a efectos de optimizar y generalizar sus resultados. En las soluciones laminares, por otra parte, no sólo interesa su definición geométrica en abstracto (por el tipo de superficie) sino también los aspectos de detalle, como la particular forma de sustentación o su ejecución material en casos concretos, de donde se derivan sus múltiples matices y variantes. Para el caso de las construcciones industriales o utilitarias, su empleo, generalmente por repetición, dio lugar a una gran riqueza de formas y delimitaciones que prácticamente son exclusivas de dicho ámbito.

Láminas cilíndricas simétricas

A efectos de este estudio emplearemos una categorización básica que permita proceder a un encuadramiento sencillo y útil de dichas soluciones. Su carácter general permitirá que, por ejemplo, pueda incluirse en ella el resumen esquemático de soluciones laminares más o menos típicas publicadas en el libro de Henn sobre construcciones industriales (1961, 136–7). Dentro de este esquema básico, el tipo que consideraremos en primer lugar es el de las bóvedas laminares formadas por superficies cilíndricas de apoyos horizontales a igual altura o simétricas. Aunque ya vimos que se habían desarrollado con cierta plenitud antes de la guerra, no será sin embargo hasta después de ella que comience su empleo sistemático. También se justifica el tratarlas en primer lugar por el hecho de ser el tipo que más difusión tuvo y que primeramente se generaliza en los años de posguerra.

La forma de directriz más frecuente para bóvedas cilíndricas fue la de arco de circunferencia de diferente amplitud oscilando entre el medio círculo y arcos más tendidos o rebajados, siendo éstos los más frecuentes. Dentro de ellas ya se comentó, al hablar de los antecedentes, de su subdivisión entre dos subtipos principales, según que su eje fuera paralelo o perpendicular al espacio a cubrir. En la literatura de la época son denominadas como bóvedas cilíndricas cortas o largas respectivamente. Son pertinentes algunas indicaciones sobre sus condiciones de apoyo y el rango de dimensiones que llegaron a cubrir. Las largas apoyaron generalmente en dos vigas de borde longitudinales y en muros ciegos o en vigas arqueadas de cierta rigidez en sus extremos, facilitando ésta última solución la apertura de huecos bajo ellas. Con frecuencia se usaron formando series paralelas y rara vez en forma individual, y como aplicación típica estuvieron almacenes y depósitos abiertos en su perímetro, aunque también edificios cerrados como garajes o naves. Sus dimensiones recomendables según datos extraídos de Bloem (1954, 78) y Rühle (1958, 227) fueron: anchos entre 6 y 12,5 m y luces entre 13 y 30 m, con radios de curvatura entre 6 y 12 m y alturas de lámina entre 1,30 y 3,20. Conllevaron vigas de borde con cantos entre 40 y 130 cm y espesores de lámina entre 6 y 7 cm. Estas dimensiones aumentaron con la introducción del pretensado en las láminas,[2] pudiendo alcanzarse una longitud teórica de más de 60 m (Hajnal-Kónyi, 1950, 771) e incluso

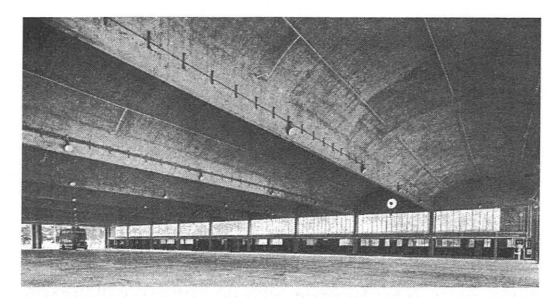


Figura 1
Garaje autobuses, Bournmouth, (Van der Vlugt 1954, 247)

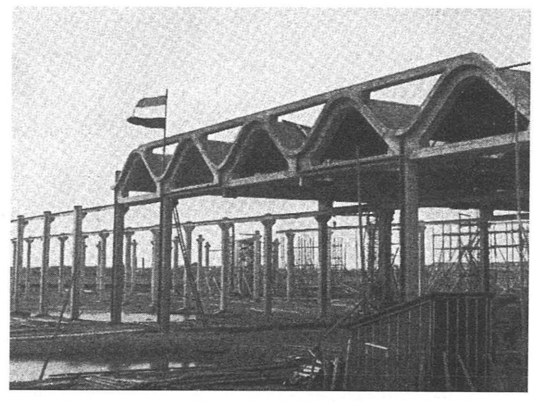


Figura 2
Láminas onduladas cilíndricas. Rijswijk. 1953 (Gravessen 1953, 90)

cercana a los 70 m (Van der Weiden 1942, 142), aunque el ejemplo conocido más grande por nosotros encontrado, un garaje de autobuses en Bournemouth realizado según el sistema Blaton-Magnel por los arquitectos Jackson & Greenen y la consultoría de ingenieros R. Travers Morgan & Partners, alcanzó sólo los 45,75 m (figura 1).

Dado que el tipo de lámina larga tenía su iluminación más natural solo por sus extremos no fue empleado en procesos de fabricación o en actividades con exigencias importantes de luz natural. No obstante, para compensar esta deficiencia se emplearon a veces sistemas de lucernarios consistentes en perforaciones o aberturas sobre la lámina. Pequeñas perforaciones en forma de claraboyas rectangulares o redondas pueden verse en distintos ejemplos ingleses (Haajnal-Kónyi, 1950, 772) aunque el sistema más eficaz de iluminación fue en general el de un lucernario rasgado a lo largo de la parte alta de la lámina. Rühle (1958, 227) y Bloem (1954, 210) indican para éste un máximo del 15% de la superficie en planta y una longitud inferior a los 3/5 de la luz. Como excepción, sin embargo, una instalación lechera en Hilversum con láminas de 12,60 × 16,31 m fue construida con lucernarios en toda su longitud, dividiendo así la lámina en dos partes separadas y asimétricas unidas por delgadas barras intermedias (Kidron y Sprangers, 1955).

Esta interesante aplicación fue además singular por prescindir de las vigas de borde, lo que fue posible gracias al uso intensivo del pretensado y a un regruesado de 23 cm en el valle inferior de unión de láminas contiguas. Surgió así una configuración en «ala de gaviota» obtenida por esta arista inferior sin viga de refuerzo, la cual se repitió también en algunas otras cubiertas excepcionales como una variante de la solución estándar. El redondeado inferior del valle y su unión continua con las láminas contiguas dio lugar también a soluciones con formas onduladas, interesantes estéticamente pero más limitadas en cuanto a las dimensiones de espacios a cubrir. Un ejemplo destacable de esta solución fueron las naves, hoy destruidas, de la empresa Nehim en Rijswijk, cerca de la Haya, con láminas de 8 × 16,5 m realizadas según la teoría de Stringer y finalizadas en 1953 (figura 2).

La disposición alternativa de láminas cortas fue, en general, adecuada para naves con grandes aberturas o accesos por uno de sus frentes como por ejemplo hangares. Su manera de adosarse fue normalmente creciendo en el mismo eje, con lo que se obtenía una nave más larga formada por los tramos constituidos por las láminas individuales apoyadas en vigas arqueadas interiores separando los tramos. Naturalmente también se podían unir en paralelo, pero si se constituían por naves alargadas como las recién descritas, la serie de pilares en la línea de unión diferenciaba claramente la existencia de naves yuxtapuestas. Las dimensiones para las más usuales oscilan entre anchos de 15 a 25 m y largos de 7,5 a 20 m (Rühle, 1958, 227) evidenciándose en ellas que «por la mayor longitud del ancho se origina una mayor altura que desde el punto de vista arquitectónico da lugar a muy bellos abovedados» (Bloem, 1954, 211). Por otra parte, y como particularidad, en ellas no era precisa la disposición de grandes vigas de borde como en las anteriores, siendo éstas apenas un refuerzo del borde recto, siempre y

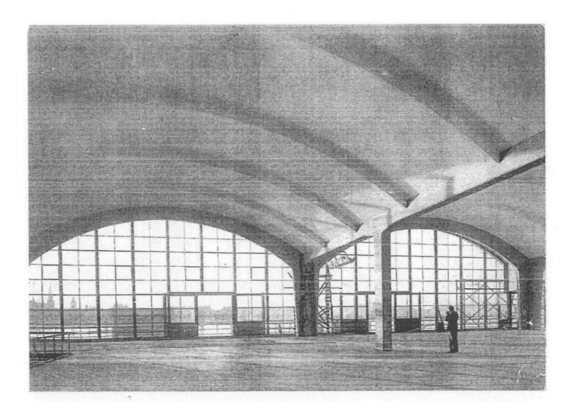


Figura 3
Terminal de pasajeros, Holland-Amerika-Lijn, Rotterdam c.1953 (Havenwerken, s.f.)

cuando no superasen las dimensiones máximas teóricas de 40 × 40 m. Como importante diferencia respecto a las realizadas en el periodo prebélico, en ellas no se hizo uso de tirantes. Sin embargo, dado su mayor riesgo de pandeo local, la práctica habitual fue introducir refuerzos paralelos a los arcos de sustentación, siendo típicamente tres el número de dichos refuerzos. De esta forma, dichas soluciones perdieron en general el aspecto liso que caracterizó a las láminas largas. Un bello ejemplo de este tipo se encuentra en la terminal marítima de la compañía Holland-Amerika Lijn en Rotterdam construida por los arquitectos Van den Broek y Bakema hacia 1953 (figura 3). Como evolución de este tipo de abovedados, para grandes luces se emplearon en algunos casos superficies onduladas creando soluciones de doble curvatura, siendo paradigmáticos los hangares de A. Perret en Marsella de 1952 con vanos de cien metros. No obstante se entra aquí en el ámbito de soluciones singulares saliendo de las referencias característicamente industriales.

Sheds cilíndricas

Elevando uno de los bordes rectos de una lámina del tipo anterior se obtiene una cáscara mediante cuya repetición se reproduce la forma en diente de sierra o shed típica de las construcciones industriales. Estas cubriciones tenían la ventaja, además de la economía de material y rapidez de ejecución inherentes a la construcción laminar, de una buena y homogénea difusión de la luz, captada normalmente desde el norte y resbalando por el intradós, gracias a la ausencia de barras u otros obstáculos propios de las sheds con armaduras metálicas. En este caso el número de parámetros geométricos de su diseño son mayores y se tenía que proceder a un afinado ajuste además de con el módulo cubierto por cada lámina, con la inclinación, radio de curvatura y ángulo de ventanales. Se consideraba además, que para una correcta iluminación la altura sobre el suelo de la viga de borde o canalón no debía ser inferior a 5 m. Dado, no obstante, que en otra ponencia de congreso (García 2009) hemos realizado un estudio particular para las shed de hormigón, aquí solo las trataremos en sus rasgos esenciales.

Como elementos de sustentación típicos estuvieron los pórticos de vigas curvadas en los extremos y la viga canalón sobre la que apoyaba el borde recto inferior. El borde superior solía descansar puntualmente sobre barras montantes colocadas entre la viga canalón y dicho borde. Sólo en algún caso muy singular el borde superior fue construido sin apoyos intermedios. Las condiciones de cálculo para estas láminas derivaron de las de tipo simétrico aunque aspectos como la menor flecha obligada por la inclinación y la asimetría introdujeron notables complicaciones. Sin embargo, por su ventajosa utilización fueron objeto, al igual que las simétricas, de intensivo estudio, el cual condujo a tabulaciones bastante detalladas de sus parámetros principales. Fueron precursoras las tablas de Dyckerhoff y Widmann ya en la década de los cuarenta, siguiéndoles estudios en Inglaterra, antigua Europa del Este y Holanda.

Estas láminas eran siempre más costosas que las simétricas y el rango de dimensiones adecuado para mantenerlas en valores económicos era según Rühle (1958, 227) entre 7,5 y 10 m de ancho y entre 10 y 20 m de largo dando lugar a alturas de bóveda entre 3,5 y 4 m con altura de ventanales de 2,5 m y canto de viga canalón de 1 m. Efectivamente, éste fue el orden de tamaños en que se realizaron gran número de las primeras construidas tras la guerra, las cuales tuvieron como particularidad la disposición vertical de los ventanales. No obstante, este tipo de bóvedas ya habían sido ensayadas en Alemania en años anteriores siendo un notable ejemplo la realizada en Schaffhausen y construida no después de 1942 para una fábrica de cuerdas (figura 4).

Muy rápidamente, y dada la extensa utilización que de esta disposición se hizo, se iniciaron mejoras y

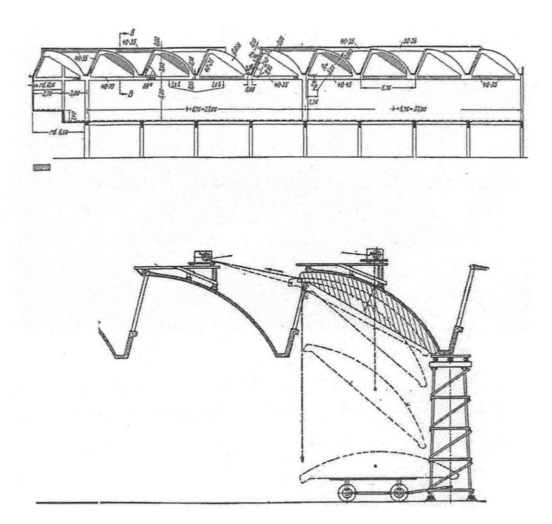


Figura 4
Sheds cilíndricas en fábrica en Schaffhausen (Van der Weiden 1942, 142). Proceso de encofrado-desencofrado recuperable en sheds cilíndricas (Havenwerken, s.f.)

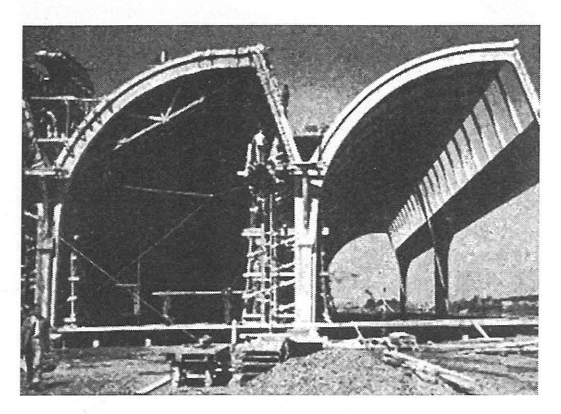
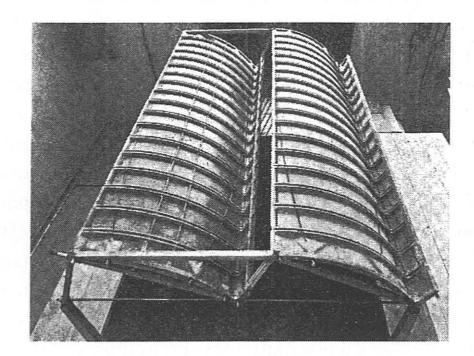


Figura 5
Fábrica Jamin, Oosterhout, 1955 (Haas 1955, 145)

perfeccionamientos, como por ejemplo el cambio hacia ventanales inclinados en lo que pasaría a ser una constante en todas ellas. Otros fueron más bien orientados a facilitar y economizar la ejecución con sistemas que fueron desde el máximo aprovechamiento de encofrados recuperables hasta la prefabricación (figura 4). De esta última merece mencionarse el sistema de la firma alemana Ed. Züblin AG que construía la lámina mediante elementos prefabricados curvos de 85 cm de ancho. No obstante, al igual que con las anteriores láminas el principal avance provino de la introducción del pretensado en los primeros años cincuenta. Con ello se dio un importante salto en las dimensiones alcanzándose una longitud de 40 m en el mayor de los casos por nosotros conocidos, la cubierta de la fábrica Jamín en Oosterhoff, Holanda, construida por los arquitectos Masselink, Bruins y van der Zoo y el ingeniero A. M. Haas en 1955 (figura 5).[3] Dado su tamaño, para estas grandes cáscaras fue necesaria la introducción de nervios de refuerzo transversales para prevenir pandeos. Como referencia, la mayor de las estructuras realizada con hormigón armado normal sin pretensar, la fábrica de papel Bowater levantada entre Chester y Manchester alcanzó en sus láminas los 30 m de longitud. Por otra parte, la unión de prefabricados y pretensado estuvo presente de forma singular con el sistema ideado por el ingeniero suizo Hossdorff mediante el cual, el difícil problema de albergar las vainas de los cables en el reducido espesor de la lámina se solucionaba disponiendo aquellas exteriormente sobre su extradós. Su almacén en Wangen, Suiza con módulos de 25,20 × 8 m construido a comienzos de los sesenta ha permanecido como su demostración más emblemática (figura 6).



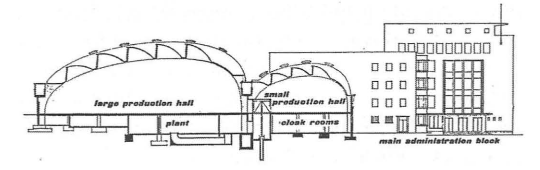


Figura 6
Almacén, Wangen, sistema Hossdorf (Hossdorf 1963, 555). Imprenta del Banco de Inglaterra. Essex. Sección transversal por naves (Easton 1957, 120)

Los ejemplos dados de esta lámina muestran un panorama relativamente variado de soluciones aunque existieron aplicaciones que se extendieron más allá de sus formas estándar hasta ahora contempladas. Como ejemplo ilustramos las instalaciones de la imprenta del Banco de Inglaterra en Essex de los arquitectos Easton y Robertson, en donde una larguísima nave de 240 m por 37,5 m de ancho se cubría con series de seis láminas paralelas empotradas en los grandes arcos transversales que configuraban el perfil de la misma (figura 6).

Sheds no continuas

Por contraste con las soluciones anteriores de sheds en que una lámina o su continuación en varios tramos a todo lo ancho de la nave permitía la apertura de un ventanal horizontal continuo, otro amplio grupo de soluciones se buscó en láminas que por su disposición o forma configuraron unidades de marcada individualidad cuya características fundamentales fueron la formación de lucernarios independentes y el crecimiento por yuxtaposición. Sobre ellas es preciso citar los adelantados ejemplos con superficies de conoides realizados por Freyssinet en Francia hacia 1930 y que pueden considerarse como la referencia de gran parte de las que se construirían después. Dos construcciones muy notables fueron la compañía nacional de radiadores en Dammarie-les-lys (Seine et Marne), al parecer repetida en otra factoría en Aulnay sur Bois y con unidades que, aunque solo tenían un fondo o longitud de 6 m, llegaron a los 50 m en sentido transversal (figura 7), y los talleres de reparación para el ferrocarril en Bagneux. Aunque de estos últimos no disponemos de referencias dimensionales, se puede apreciar que sus conoides se asentaron sobre unidades en planta más estrechas y largas y, por tanto, mucho menos alargadas. En ambos, como ocurre en general en todas las láminas de este tipo, fue necesaria la utilización de atirantados, bien formando parte de las cerchas de hormigón arqueadas de apoyo empleadas en el primero o bien como delgadas barras de hormigón conectadas a la lámina con algunos montantes verticales en el segundo.

De este sistema con conoides al que podríamos considerar como característicamente francés dados su origen, sus primeros análisis (Fauconnier, 1933) y la mayor frecuencia con que se empleó en dicho país, sería también destacable por su elegancia, aunque no por sus excesivas dimensiones, la fábrica Kores en Meux con conoides sobre una retícula de soportes de 17,54 × 8 m y digna representante de las construidas ya en el periodo de posguerra (figura 8).

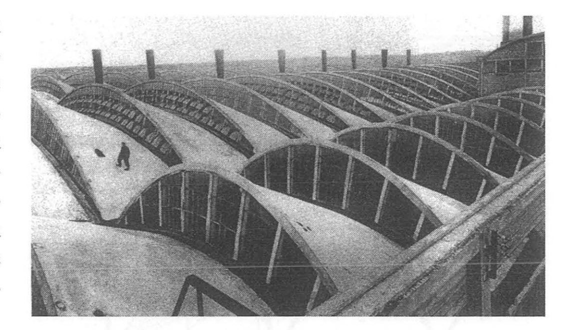


Figura 7
Láminas de conoides. Fábrica radiadores, A. Dammarie-les-lys (S-et-M), E. Freyssinet (L'Architecture Vivante 1931, printemps, 21)

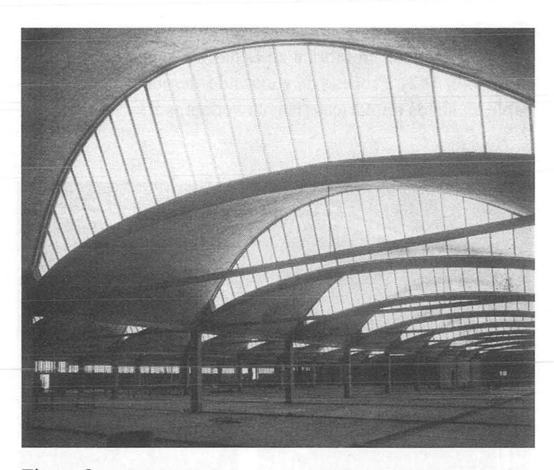


Figura 8
Fábrica Kores, Meux (Henn 1965, vol. 2, 212)

Probablemente por un deseo de simplificación de los encofrados, el sistema de conoides fue dando paso a superficies cónicas o cilíndricas de generatrices inclinadas, las cuales suponían, dentro de ciertos límites, una aproximación a la forma exacta del conoide. Un ejemplo interesante de ello es la fábrica de aceros Johnson en Quilmes con unidades mixtas for-

madas por un segmento de superficie cilíndrica horizontal y otro de superficie cónica que produce la inclinación necesaria para la aparición de lucernarios (Laucher 1951, 55). De esta singular solución habría que destacar también la posición de los soportes dejando las superficies en vuelo y en elegante equilibrio a ambos lados del mismo. Ya dentro del tipo con cilindros oblicuos, un caso digno de consideración es la solución para unos talleres en Polonia diseñada por Dragula, Slomczynsky y Zalewsky y enmarcada dentro de las investigaciones de la Oficina para la Construcción Industrial de dicho país. En ella, el ingenioso dispositivo de un soporte doblemente bifurcado permitió, no solo un apoyo de cuatro puntos independientes para cada lámina sino, sobre todo, eliminar los imprescindibles tirantes presentes en todas las soluciones anteriores gracias a la capacidad de los soportes inclinados para asumir fuerzas horizontales (figura 9). Dicha solución es, por otra parte, un exponente de la importante labor investigadora y experimental realizada en el campo estructural, y especialmente en sus aplicaciones industriales, tanto en Polonia como en otros países del este de Europa en las primeras décadas de posguerra.

Por último, y como una cierta variedad de la anterior con soluciones cilíndricas haremos referencia al sistema *compound* patentado por el ingeniero Silberkuhl alemán y en el que los lucernarios se constituían por ligeras celosías metálicas curvas atirantadas unidas rígidamente a los bordes curvos de la lámina, colaborando mutuamente en la resistencia. Lámina en este caso no solo actúa por efecto membrana sino que también colabora como zona de compresión solidariamente con el cordón de la celosía. De este sistema pueden citarse los talleres de la Blaupunkt en Salzgitter proyectados por W. Henn con una luz de 35 m, la fábrica de tractores Porshe en Friedrichshafen am Bodensee de 1956 o el taller de mantenimiento Mercedes en Essen de 1957, estos dos últimos con luces similares al primero y todos ellos con la ligereza y luminosidad interior que es característica de este sistema.

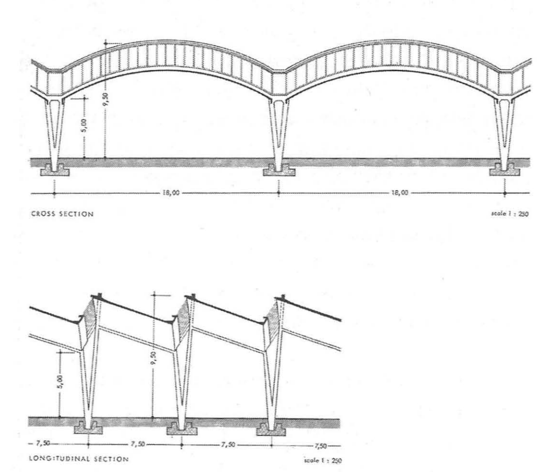
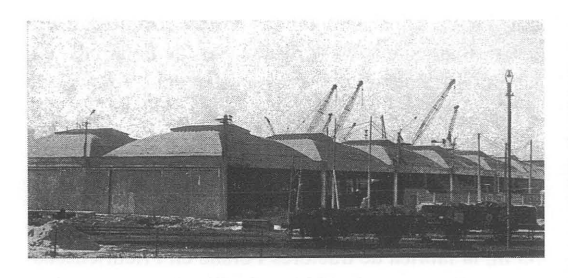


Figura 9
Láminas de cilindros oblícuos, Polonia (Henn 1965 vol. 1: 103)

Formas en cúpula

Aunque no tan frecuentes como las anteriores para uso industrial, las láminas sobre plantas cercanas al cuadrado y asimilables por su abombamiento central a las formas en cúpula se utilizaron también en interesantes aplicaciones. Su forma de empleo más característica fue la repetición en ambas direcciones dando lugar a naves con soportes intermedios según retículas regulares. El sistema más utilizado de iluminación fueron las claraboyas y los óculos proporcionando luz cenital, aunque en algunos casos pudieron combinarse con otros sistemas. Una primera categoría se puede establecer con aquellas láminas que apoyan en todo el perímetro curvándose a partir de éste de distintas maneras hacia el centro. Dentro de ellas ocuparían un lugar destacado las láminas formando cubiertas claustrales o en pabellón o sea con cuatro paños curvos reunidos en su centro. Como ejemplo concreto merecedor de un comentario estarían los almacenes de algodón construidos en Le Havre, formados por 60 unidades de 19,30 × 18,8 m en las que ya se utilizó el pretensado con cables rectos Freyssinet aunque sólo en las vigas de borde sobre las que apoyaban las láminas (figura 10). Éstas estaban abiertas en su coronación dejando un amplio linternón que servía principalmente para forzar el tiro y localizar la combustión en una sola unidad en caso de incendio.

Alternativamente a este sistema existieron otras soluciones en las que, en forma continua, la lámina se iba curvando suavemente desde los bordes hacia el centro a semejanza de la deformación de una



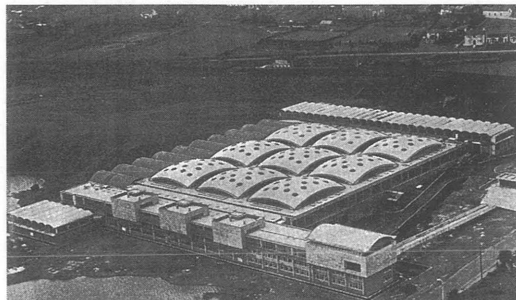


Figura 11
Fabrica Brynmawr, Gales del Sur, 1951 (Haas 193, 103)

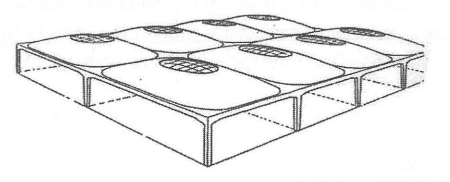


Figura 10
Almacenes de algodón, Le Havre (Van der Vlugt 1954, 249). Sistema «Buckelschale», A. Weder y H. Isler (Bouw 1955, 734)

membrana elástica. Una solución de este tipo fue descrita con la denominación «Buckelschale» en 1955 por los ingenieros suizos A. Weder y H. Isler indicando diferentes casos teóricos de aplicación (figura 10). Sus autores mencionaban el mejor comportamiento que las láminas cilíndricas dada su mayor rigidez y una mayor economía. Sobre ella se reconocía, sin embargo, la imposibilidad de un cálculo teórico, procediéndose por medio de modelos experimentales. Como aplicación práctica se cita una fábrica de vidrio en construcción con una nave de 25 × 50 m compuesta por tres unidades de este tipo. Las cáscaras resultantes eran en general bastante rebajadas y sus altos empujes tuvieron que absorberse gracias al uso de pretensados en las cuatro vigas horizontales de borde. Isler posteriormente desarrolló ampliamente su solución en múltiples aplicaciones.

Finalmente estarían aquellas soluciones en que la lámina no apoya en todo el perímetro sino solo en algunos puntos aislados. De ellas la solución más utilizada fue la forma de bóveda esférica vaída, es decir apoyada en sus cuatro vértices. Con este tipo de lámina se llegaron a cubrir grandes espacios y fue una de las más frecuentes en aplicaciones no industriales como mercados y espacios de reunión;[4] sin embargo, existe también un significativo ejemplo en arquitectura industrial que parece atestiguar el interés que también despertó en este campo. Su excepcionalidad en este caso estuvo además ligada al papel representativo y casi monumental que desde un principio su propietario quiso dar a la instalación. Nos referimos a la singular fábrica de neumáticos Brynmawr construida en Gales del Sur en 1951 por la cooperativa de arquitectos Co-partnership y por el ingeniero Ove Arup (figura 11). Su nave principal de 100 × 137 m fue cubierta por 9 bóvedas vaídas de 26 × 19 m y 7,5 cm de espesor dejando entre ellas bandas libres para permitir la iluminación superior mediante ventanales en arco, completados con 16 grandes claraboyas circulares en cada bóveda. Los puntos de apoyo en las esquinas de cada cuatro bóvedas concurrentes estuvieran formados por cuatro soportes muy cercanos entre sí estando además inclinados mutuamente formando parejas que parecen acordes al mayor empuje proporcionado por el lado mayor de las bóvedas. No obstante, esto se ha de considerar más bien de carácter expresivo ya que todas las láminas están atirantadas por sus cuatro lados.

Paraboloides hiperbólicos

Las soluciones con estas superficies regladas no corresponden a un solo tipo o idea formal de cubrición, ya que dada su versatilidad en función de la forma en que se dispongan pueden asimilarse, por su semejanza en el resultado, a muchos de los tipos antes comentados. Por sus particulares características estas láminas permitieron un cálculo exacto relativa-

mente sencillo que fue desarrollado primeramente por Félix Candela y puesto en práctica en sus realizaciones en México, las cuales mostraron con hechos la validez de sus teorías. Geográficamente, por tanto, fueron también los primeros tipos de láminas no desarrollados en Europa, contando con significativos ejemplos en países de América latina. Estas superficies se han estudiado con detenimiento en diversas monografías, aunque aquí, siguiendo el planteamiento de este trabajo, nos centraremos en sus aplicaciones estrictamente industriales, las cuales como se verá ofrecieron a su vez un significativo número de variantes.

De todas sus posibles disposiciones, la que probablemente más y más sistemáticamente se ha empleado en el campo industrial es la que adopta la forma de una sombrilla o paraguas soportado por un solo pilar central. La planta rectangular de cada unidad se forma con los cuatro paraboloides resultantes de dividirla en cuatro partes iguales. Esto configura una superficie compuesta con un perímetro rectangular horizontal en la parte más alta y cuatro aristas descendentes desde los puntos medios de los lados que se reúnen en el pilar. Los paños alabeados «rellenan» la superficie delimitada por el perímetro y las aristas recién descritas. Puesto que la superficie actúa como un colector respecto a la lluvia, ésta se evacua por el interior del soporte que actúa de bajante. Con esta disposición básica, frecuentemente empleada para edificios de almacenaje, la aplicación más notable que conocemos, sin embargo, es el edificio de filtros de la instalación depuradora de agua de Berenplaat en Holanda diseñada en 1959 y finalizada en 1965 por el arquitecto W.G. Quist con unidades cuadradas cercanas a los 22 m de lado (figura 12). En este caso el refinamiento de la transición hacia el soporte y la transparencia hacia el exterior de todos los paraboloides dejan clara la intencionalidad estética del autor, que trasciende lo meramente utilitario. Sobre esta solución base se ha empleado en ocasiones una variante obtenida por la leve inclinación de todas las sombrillas. Ello permite la existencia de aberturas entre las unidades, que pueden aprovecharse para iluminación o ventilación. Muestra son, por ejemplo, los interesantes ejemplos de la fábrica de Ron Barcardi de México en Cuantitlan proyectada por Félix Candela como ingeniero y el arquitecto Luis Félix Landa y de la factoría Volkswagen de Palma Sola en Morón, Venezuela, en sus edificios de ensamblaje y de taller

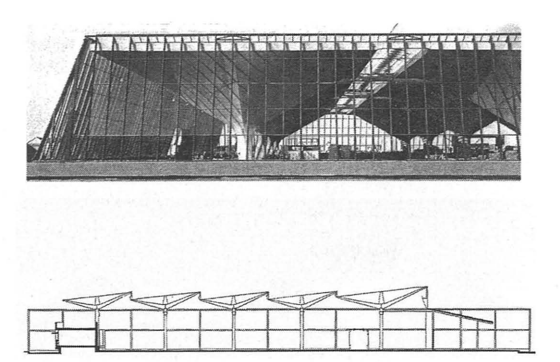
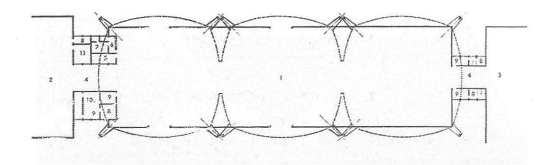


Figura 12
Instalación depuradora de Berenplaat, edificio de filtros, W. Quist, 1965 (Wieschemann 1968, 146). Factoría Volkswagen, Morón, Venezuela. Bornhost y Neuberger. Nave de montaje (Wieschemann 1968: 144)

mecánico, ambos construidos en 1963 según diseños de Dirk Bornhorst y Pedro Neuberger (figura 12). Las unidades de paraboloides del último edificio mencionado, de tamaño 10 × 10 m, iban acompañadas además por un pequeño anexo denominado refresquería en el cual se emplearon unidades más pequeñas de 5 × 5 m pero posición invertida. En España un ejemplo con unidades inclinadas es la fábrica Tecosa en La Carolina obra de Fernando Higueras (1966–7).

En la fábrica de ron recién mencionada, Candela nos ofrece también otra solución completamente diferente usando paraboloides hiperbólicos, la cual fue destinada a la nave de embotellado. Se trató de una nave formada por tres bóvedas de arista de algo más de 25 m de lado puestas en sucesión pero conformada cada una de ellas por la intersección de dos paraboloides de ejes perpendiculares. En cada una de las bóvedas resultantes los arcos parabólicos de borde están levemente inclinados hacia fuera lo que, además de proteger con su vuelo las grandes superficies acristaladas de fachada, deja entre bóvedas contiguas unos paños triangulares libres que se acristalan para aumentar la iluminación natural. Dadas las excelentes condiciones estáticas de la lámina su espesor se redujo a sólo 4 cm (figura 13).

Otras aplicaciones de interés derivan de la colocación del paraboloide con el plano tangente de su vértice en posición horizontal y limitado por planta



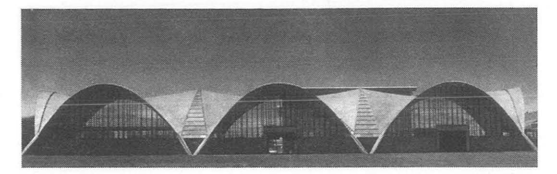


Figura 13
Fábrica Barceló, Cuantitlan. Candela y Landa. Nave embotellado (Henn 1965, vol. 2: 30)

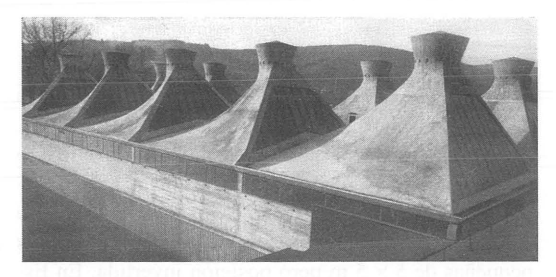


Figura 14
Talleres de fundición G. L. Rexroth GmbH, Lohr am Main. C. Siegel y R. Wonneberg (Henn 1965, 80)

rectangular. Esto da por resultado líneas de borde según parábolas generalmente verticales, alternativamente cóncavas y convexas, y formas generales que se asemejan a bóvedas parabólicas con ligeras depresiones en su interior. Un sistema patentado de esta clase fue el realizado por Silberkuhl con unidades prefabricadas que se colocan contiguas a modo de grandes placas de cubierta con doble curvatura y que tuvo gran difusión. Finalmente, y como último ejemplo digno de atención por su singularidad mencionamos los talleres de fundición G. L. Rexroth GmbH en Lohr am Main, Alemania cuyo empleo de los paraboloides hiperbólicos sirvió además de cómo forma de cubrición, como solución adecuada para la iluminación y evacuación de gases (figura 14). Proyectados por los arquitectos Curt Siegel y Rudolf Wonneberg, su particularidad estriba en la formación sobre cada una de sus naves paralelas de una serie de unidades de cubierta constituidas por dos paraboloides simétricos cada una, dispuestos de forma que en uno de los lados de la cubierta dejan un lucernario trapezoidal inclinado limitado lateralmente por los bordes rectos libres de los dos paraboloides. La planta de cada unidad cubre un rectángulo de 13,5 × 15 m. Dicha solución geométrica no es sin embargo pura y como remate superior se colocó un elemento circular de ventilación con acuerdos en transición hacia las superficies de los paraboloides.

Notas

1. DYWIDAG, como nombre comercial corresponde a la contracción de Dyckerhoff & Widmann AG primeros socios de la firma creada en 1922.
2. El primer ejemplo de cables pretensados incluidos dentro de láminas cilíndricas simétricas se realizó en Le Havre. En cuanto a la introducción del pretensado según directrices parabólicas en las láminas cilíndricas, la primera presentación completa se atribuye al francés Y. Guyon en una ponencia en Roma el 26 de febrero de 1951 (Van der Vlugt y Bouvy 1954, 248–9).
3. Para dicha estructura, realizada con el sistema Freyssinet de pretensado se contó con la colaboración del laboratorio de materiales de Madrid dirigido por Carlos de Benito, en el que se realizaron modelos de rotura a escala que confirmaron los resultados de cálculo.
4. En Leningrado se construyó una bóveda de estas características cubriendo un almacén portuario cuadrado de 120 m de lado (Henn 1965, 138).

Lista de referencias

Bloem, H. 1954. «Betonen schaaldaken II)». *Cement*, 209–11.

Bouw. 1955. «Het gewelfde shaaldak» (Uit andermans en eigen koker), 734–5.

Easton y Robertson. 1957. «Drukkerij van de Bank of England». *Bouw*, 120–1.

Fauconnier, M. «Essai de Rupture d'une Voute Mince Conoide a Beton Armé». En *Proceedings, IABASE,* vol. II, Zurich, 1933.

Gravesen, J.O. 1953. «Schaaldaken met gegolf profiel». *Bouw*, 90–1.

Haas, A.M. 1953. «De nieuwerubberfabriek te Brynmawr, Zuid-Wales». *Cement*, 103–5.

Haas, A.M. y Baas, J.G.1955. «Prestressed concrete north-light shell structure of 2 × 131'continuous span at Oosterhout». *Cement* 144–6.

Hajnal-Kónyi, K. 1950. «Tonvorming gewelfde daken». *Bouw*, 770–4.

Havenwerken, s.f. *Daken in Betonschaalbouw.* Publicación de la Nederlandse Maatschapij voor Havenwerken N.V.

Henn, W. 1965. *Buildings for industry.* Vol 1 y 2. Hayden Book Co, New York. [Ed. original en alemán 1961.]

Hossdorf, H. 1963. Geprefabriceerde schedschalen voor de bouw van een opslagplaats in Wangen (Zwitserland)». *Cement*, 554–7.

Laucher, C. 1951. «Sheds coniques pour la fabrique de aciers Johnson à Quilmes». *L'Architecture d'aujourd'-hui,* octubre, vol. 22, 54–5.

L'Architecture Vivante. 1931. Printemps. Fotos y planos estructuras de Freyssinet sin comentarios, 20–4.

Rühle, H. 1958. «Rationalisatie bij de toepassing van schaldaken». Bouw, 226–233.

Van der Vlugt, B.W. y Bouvy, J.J.B.J.J. 1954. «Voorgespanen Schaaldaken». *Cement*, 247–51.

Van der Weiden, P.A. 1942. *De 8 en Opbouw*, 141–6.

Wischemann, P.G. 1968. *Edificios de hormigón.* Barcelona: Gustavo Gili. [Ed. original en alemán.]

Tecnología y tradición en la arquitectura de Laurie Baker

Julián García Muñoz
Juan Carlos Losada González

Los trabajos pioneros de Hassan Fathy anticiparon el nacimiento, ya en la segunda mitad del siglo XX, de la arquitectura que actualmente denominamos de cooperación al desarrollo. En fechas relativamente recientes esta arquitectura ha tomado conciencia de sí misma y ha ido definiendo un ámbito propio, cercano a otras disciplinas (la Antropología Social y Cultural, sobre todo) en el que conviven inquietudes sociales y técnicas. Un ámbito cuya evolución es posible estudiar ya desde un punto de vista histórico.

La arquitectura de cooperación ha combinado con frecuencia sistemas tradicionales de construcción (obviamente con un sentido utilitario: con frecuencia los medios con los que cuenta esta arquitectura son sólo los que proporciona el entorno más inmediato) y tecnologías de vanguardia. Una de las aproximaciones más interesantes a esta mezcla de tecnología y tradición en contextos de cooperación fue la realizada por el arquitecto Laurie Baker. Baker desarrolló su trabajo en el estado Indio de Kerala, una zona con una gran tradición en el trabajo de la madera y de la fábrica de ladrillo cerámico. El trabajo de Baker es muy conocido, aunque los estudios realizados hasta la fecha no profundizan en el aprovechamiento que Baker hace de la tradición arquitectónica y constructiva de la zona, y tampoco relacionan sus aportaciones con las de otras arquitecturas de cooperación contemporáneas. En esta comunicación estudiaremos el empleo selectivo, por parte de Baker, de estos sistemas de construcción, y su interés para la historia de la arquitectura de cooperación.

La experiencia India de Laurie Baker

Laurence Wilfred «Laurie» Baker es uno de los arquitectos más conocidos en el ámbito de la cooperación al desarrollo. En muchas ocasiones su obra ha sido comparada a la de Hassan Fathy (e incluso su vida: «Laurie Baker es verdaderamente el Hassan Fathy de la India», llega a afirmar S.K. Sharma). Hay en ambos un mismo respeto por las arquitecturas vernáculas de las zonas en que trabajan y un mismo deseo de encontrar en ellas soluciones para las necesidades de los más desfavorecidos.

Nacido en Birmingham en 1917 y titulado en la escuela de arquitectura de la misma ciudad en 1938, Baker desarrolló su trabajo más conocido en Kerala, en el sur de la India, donde falleció en 2007. Desde 1941 trabajó en las colonias británicas en Asia como voluntario; primero en China, dónde permaneció hasta 1945, y después en la India, a la que llegó en ese mismo año, enrolado en un programa de ayuda a los enfermos de Lepra. En sus primeros años, desencantado de las soluciones constructivas de la arquitectura colonial, volvió la mirada hacia los sistemas tradicionales, y realizó diversos estudios sobre la arquitectura vernácula de la India. En 1948 se estableció junto a su esposa en Pithoragarh, una localidad India cercana al Nepal, donde ambos permanecieron como misioneros hasta 1963. Baker profundizó allí en sus estudios sobre las tradiciones arquitectónicas locales y teorizó sobre la idoneidad de éstas, y sobre su relación con los recursos de la zona.

En 1963 los Baker se trasladaron a Kerala, en el sur de la India. Fue allí dónde Baker empezó a desarrollar su trabajo más conocido. En 1969 fijaron su residencia en Trivandrum; en los alrededores de esta ciudad Baker construyó numerosas viviendas, hospitales y edificios religiosos, respetando siempre las tradiciones arquitectónicas de la zona. A finales del siglo XX su trabajo empezó a ser reconocido en el ámbito internacional. Baker fue distinguido con numerosos premios y galardones, incluyendo varios Doctorados *Honoris Causa* y la Orden del Imperio Británico.

Arquitectura y cooperación

La arquitectura de Baker debe mucho a sus principios religiosos. Cuáquero, muy influido por los principios de Gandhi, con quien trató, Baker aplicaba a vida y arquitectura un particular ascetismo práctico. Ejerció el oficio de arquitecto en zonas empobrecidas y, siempre que le fue posible, investigó soluciones de bajo coste, ensayó sistemas de autoconstrucción y utilizó materiales naturales.

Una de sus prioridades fue la del empleo —y en ocasiones reciclaje— utilitario de la tradición. La mayor parte de sus textos desarrollan largamente estos temas:

> Cada distrito tiene sus propias tradiciones y a lo largo de miles de años, mediante prueba y error, las personas han aprendido a tratar con los muchos factores que intervienen en la arquitectura: el clima y la vegetación, los materiales locales disponibles y las pautas culturales y religiosas de vida. Los ensayos no satisfactorios han sido descartados, y las alternativas se han ensayado hasta encontrar la solución óptima. No parece muy inteligente, por lo tanto, abandonar los resultados obtenidos en siglos de ciencia y tecnología (Baker 1991b, 2).

> Mi observación es que la arquitectura vernácula tiene casi siempre una buena respuesta a todos nuestros problemas. Los habitantes de todos los distritos participan activamente en la construcción de sus casas. Ahora, por alguna razón, han perdido esta capacidad, y necesitan mirar más allá en busca de ayuda (Baker 1974).

También está presente en su trabajo, construido y escrito, cierta preocupación por los medios de producción y su relación con los sistemas constructivos:

> Todavía no vemos que la industria más importante del país es la industria de la construcción. Nos negamos a ver que puede absorber todo tipo de trabajadores, desde los de más alta cualificación científica al trabajador no cualificado. Puede resolver una gran parte de nuestro problema de desempleo y puede además, al contrario que cualquier otra industria, comenzar inmediatamente si así lo deseamos (Baker 1974).

> El trabajo de Baker ha sido a menudo descrito como *arquitectura de la marginalidad*, ya que sus proyectos hacen un uso óptimo de recursos y materiales disponibles. La mayor parte de sus clientes fueron de clase media baja. Sin embargo, el impulso para trabajar por los pobres no proviene de ninguna conciencia para promover el desarrollo local, que suele ser el motivo del empleo hoy de ciertos sistemas de alta tecnología y prefabricación. Baker afirma que estas altas tecnologías tienen poco sentido en un país en el que todavía existe una gran cantidad de mano de obra desempleada (Bhatia 1991b, 48).

De ambas inquietudes hizo Baker una actitud ante la arquitectura. Su método de trabajo implicaba a usuarios y trabajadores en la toma de decisiones:

> Su método de trabajo como diseñador-constructor-contratista, a la manera tradicional de maestro artesano, además de ampliar el papel convencional del arquitecto, ha producido su propio tipo de arquitectura. La construcción ha sido eficazmente organizada por Baker en equipos que han desarrollado un enfoque común para el diseño ... creando elementos que varían según la función y el alcance de cada proyecto (Bhatia 1991b, 27).

La filosofía de la arquitectura de Baker está presente en su obra, pero también en sus escritos. Baker dejó un buen número de manuales de interés, muchos de ellos relacionados con la construcción tradicional y con los sistemas de reducción de costes. Primorosamente ilustrados por él mismo, autoeditados en muchas ocasiones, su reducido formato permite leerlos como lo que fueron: pequeños manuales de construcción para el seguimiento casi directo de sus indicaciones durante la ejecución de un determinado edificio.

Los títulos de muchos de sus textos dan suficiente información, en este sentido, sobre su contenido: «Brickwork» (Obra de fábrica), «Mud» (Barro), «Rural Community Buildings» (Edificios de comunidades rurales), «Rural House Plans» (Planos de casas rurales), «Houses: How to Reduce Building Costs»

(Casas: cómo reducir los costes de construcción) o «A manual of cost cuts for strong acceptable houses» (Manual para recortar costes en la construcción de viviendas) son algunos ejemplos de ello. Estos manuales suelen ser sumamente simples, ya que están diseñados para ser empleados por trabajadores con poca o ninguna cualificación. Las imágenes, sencillas y concisas, aportan casi toda la información, y suelen estar acompañadas de símbolos (correcto e incorrecto, por ejemplo) que facilitan la lectura.

Baker escribió, además de estos manuales, un gran número de ensayos y artículos, publicados con frecuencia en revistas y periódicos locales e internacionales. En ellos, la filosofía de la arquitectura que subyacía en los manuales se explicita de un modo claro. Son artículos muy elaborados, en los que Baker aporta argumentos *prácticos* a favor de su idea de la arquitectura. Sus reflexiones más interesantes sobre experiencias o ensayos concretos suelen estar contenidos en estos textos.

Obra construida

El trabajo de Baker en Kerala incluye cientos de casas y multitud de edificios públicos, principalmente hospitales e iglesias. En todas ellas se aleja de la arquitectura académica que estudió en su juventud, y emplea con maestría los medios de la tradición de la zona, consciente de que estas soluciones se comportan mejor ante monzones, tormentas, etc. Su compromiso medioambiental le llevó a emplear con profusión materiales naturales, autóctonos y de bajo impacto energético, incluyendo el reciclado de algunos materiales de deshecho. Estas técnicas, combinadas con ingeniosos sistemas de ventilación e iluminación, que favorecen el aireamiento de los interiores, son la principal seña de identidad de la obra de Baker.

Baker juega con frecuencia con formas curvas, que adapta al terreno, al volumen interior necesario para la edificación o a las formas de la parcela, evitando cuando no son estrictamente necesarios los ángulos y las formas rectas. El empleo de estos diseños formales y su mezcla con materiales autóctonos de construcción da como resultado una arquitectura de gran potencia visual, formalmente naturalista, que podría parecer historicista (y no lo es) más que de cooperación, absolutamente individualizada y adaptada a los mínimos detalles de cliente, entorno o presupuesto.

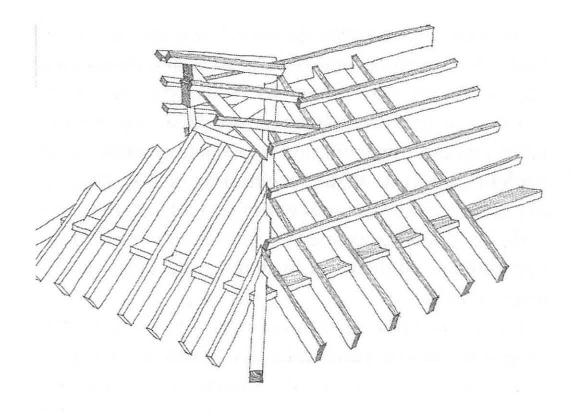
Su recurrente empleo de las celosías de fábrica calada, un sistema de muros de fábrica que permiten la entrada de aire pero protegen el interior del sol, es tal vez la característica más conocida de su arquitectura, junto con la utilización de las conocidas cubiertas de madera de Kerala y sus techumbres de teja en escama de pez; no lo es tanto el empleo de sistemas abovedados y sus experimentos con la fábrica armada, que empleó, en distintos formatos, a lo largo de casi toda su obra.

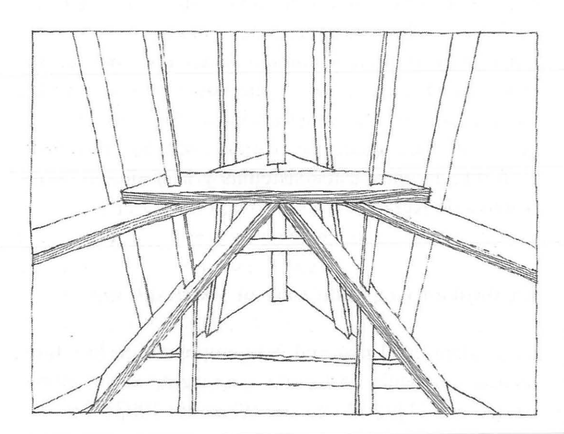
Entre sus edificios más conocidos se encuentra su propia vivienda, bautizada por Baker y su esposa como «The hamlet». En ella concurren las características de la arquitectura de Baker antes mencionadas: compleja organización espacial, celosías, cubiertas cerámicas sobre estructuras de madera, etc. En «The hamlet» encontramos también sistemas de fábrica armada, de *apariencia local*, que Baker pone en práctica en casi todas sus construcciones. Sin embargo, no hay referentes locales: es difícil encontrar una relación directa entre estos sistemas y la tradición constructiva de Kerala.

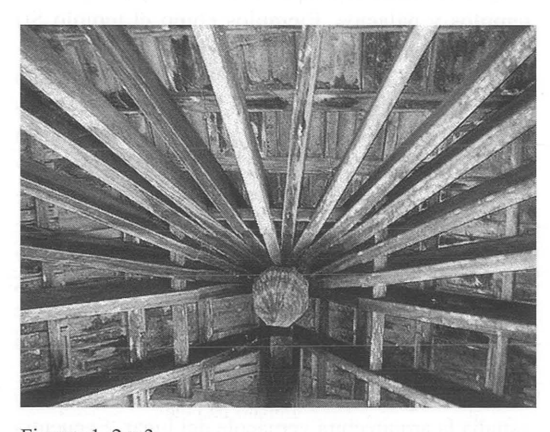
La madera y el reciclaje de la tradición

La madera es el material más empleado en la arquitectura vernácula de Kerala, casi siempre en combinación con el ladrillo cocido (Chandra 2003). Las extraordinarias estructuras de madera de la región son muy conocidas, principalmente las de los grandes templos y palacios. Ejemplos como el templo Sri Mahdeva, en Vaikom, o el palacio de Padmanabhapuram, ya en Tamil Nadu, dan idea del refinamiento de los carpinteros de la zona. Las estructuras de madera de las viviendas, mucho más sencillas, también son de gran interés (Pramar 2005). La estupenda y variada madera de Kerala (se trabaja con más de cincuenta especies, destacando el *jackfruit tree* —Artocarpus heterophyllus—) se emplea en pórticos, verandas, cubiertas y estructuras caladas de ventilación, la más conocida de las cuales es el triangular remate de cubierta a modo de gablete o medio hastial (*gable*) que remata la vivienda tradicional.

Baker llega a Kerala a principios de los años 60 y estudia la arquitectura vernácula del lugar. Encuentra y documenta entonces un buen número de construcciones de madera, y conoce una tradición viva, la de la carpintería estructural, apoyada en un oficio de







Figuras 1, 2 y 3
Kerala, India. Estructuras de cubierta en viviendas. Se aprecia la estructura que aloja el gablete. Ilustraciones y fotografías del autor

profundas raices. Baker comprende que se trata de un sistema eficaz y sumamente flexible, tanto desde el punto de vista del diseño arquitectónico como del diseño de producción, y empieza a emplearlo en sus construcciones.

Muchas de las viviendas construidas por Baker en los años 60, 70 y 80 reciclan soluciones de la arquitectura vernácula. Las más sencillas son edificios cubiertos a cuatro aguas, rematados en los lados cortos con el gablete mencionado con anterioridad, ligeramente sobreelevado. Este elemento, rematado con una tapa de madera calada, facilita la ventilación del interior, habitualmente cruzada con otros huecos y combinada con porches y verandas. Las cubiertas se rematan en la conocida teja plana en forma de escama de pez, característica de los tejados de la zona. Los ejemplos del empleo de estos sistemas en la obra de Baker son conocidos, incluida la solución empleada en «The Hamlet», su propia vivienda.

Si en algunos casos Baker utiliza las cubiertas de la zona sin modificación alguna, en otros introduce no-

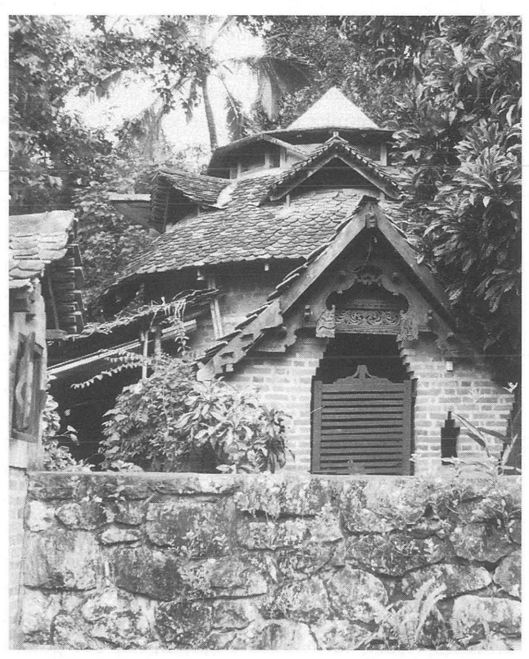
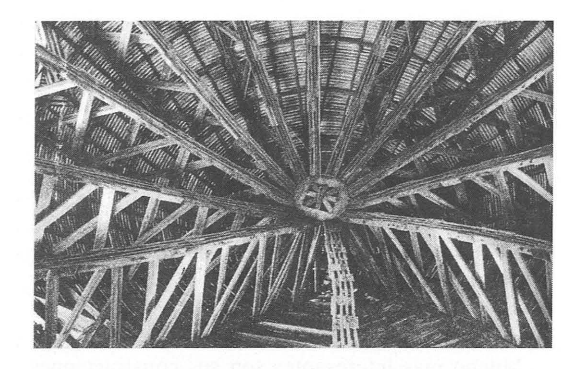
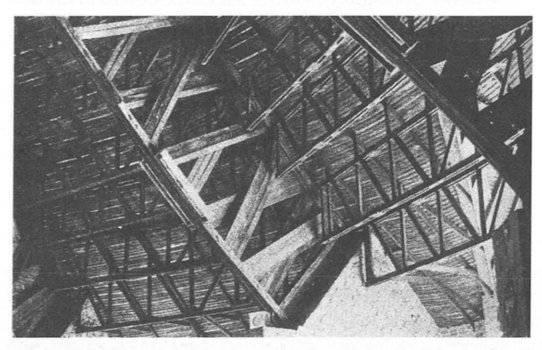


Figura 4
Nalanchira. Kerala, India. Solución de cubierta tradicional en The Hamlet, la vivienda de Baker. Fotografía del autor





Figuras 5 y 6
Tiruvella. Kerala, India. Catedral de St. John's. Solución de cubierta. Bhatia 1991, 186

vedades procedentes de otras tradiciones o de nuevas tecnologías. En la cubierta de St. John's Catedral, en Tiruvella, es fácil encontrar raíces en la arquitectura de bambú, pero también en los procedimientos de prefabricación con madera que se empleaban en occidente. El edificio, de planta circular, destaca por su cubierta inclinada, que descansa sobre doce estructuras radiales, a modo de cuchillos o vigas trianguladas, unidas en un complejo nudo central, un pendolón semejante al de las soluciones tradicionales.

Construcción abovedada y sistemas de fábrica armada

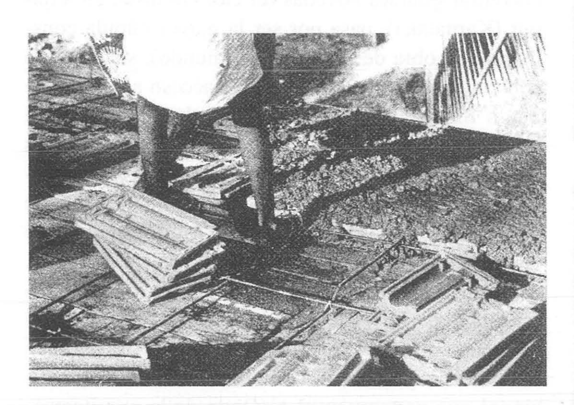
En la India existen muy diferentes tradiciones de construcción. El mismo Baker, en sus estudios sobre el tema, es de esta opinión: «Especialmente en India no hay tal cosa como una única arquitectura tradicional. Cada distrito tiene sus propias tradiciones» (Baker 1991b). En algunas regiones, fundamentalmente en aquellas de mayor influencia Mogol, las construcciones abovedadas son muy complejas: es el caso de estados como Maharastra u Orissa, o de ciudades como Hyderabad o Delhi. En estas zonas es posible encontrar grandes bóvedas (el Gol Gumbaz, en Vijapur (Karnataka), pasa por ser la mayor cúpula construida con obra de fábrica en el mundo), sistemas de construcción al aire (los arcos de acceso al Haveli de Sham Singh en Atari, cerca de Lahore), etc. En el sur, sin embargo, la raíz arquitectónica principal es la hinduista. El templo hindú no emplea arcos ni bóvedas, sino dinteles planos. Las cubiertas y forjados de la arquitectura vernácula de Kerala utilizan siempre la estupenda madera de la zona. El origen, entonces, del empleo por parte de Baker de este tipo de sistemas hay que buscarlo en otra *tradición*: la de la arquitectura de cooperación.

Las losas y bóvedas armadas de Baker son soluciones que pertenecen al catálogo de la arquitectura global de la cooperación, no a la tradición arquitectónica de Kerala. Baker pone en práctica estos sistemas influido por las innovaciones técnicas ensayadas en los años 50, 60 y 70, no como reciclaje de sistemas abovedados locales. Los referentes más claros (véanse las estructuras diseñadas para las dos viviendas en Delhi) son los trabajos contemporáneos sobre cerámica armada, entre los que destaca el muy conocido de Eladio Dieste.

Baker ensaya diferentes soluciones a lo largo de su trayectoria, retomándolas y combinándolas cuando lo considera oportuno. El sistema más común es el de losa armada aligerada con cerámica, a la que se da una ligera curvatura. La del acceso a su propia casa, de unos 10 cm de espesor, tiene una relación flecha/luz de 1/10. Los bloques empleados en este caso no tienen una función resistente, sino de sólo de aligeramiento. Por ello emplea todo tipo de materiales, principalmente tejas rotas o defectuosas. Son sistemas muy ligeros de por sí; la intención del relleno es, realmente, la de abaratar los costes de la construcción.

> Hay una gran cantidad de hormigón innecesario en un tablero de hormigón armado habitual. Es posible reemplazar parte de este hormigón con cualquier relleno ligero y barato, con el fin de reducir el coste total de la losa. Esta alternativa se llama losa aligerada. Como relleno podemos utilizar ladrillos ligeros, tejas de Mangalore,

etc Esto reducirá el coste de la losa de hormigón en un treinta o treinta y cinco por ciento. Como las losas de techo y de pisos intermedios suponen de un veinte a un veinticinco por ciento del coste total de una vivienda, el ahorro que permite el empleo de una losa aligerada es considerable.

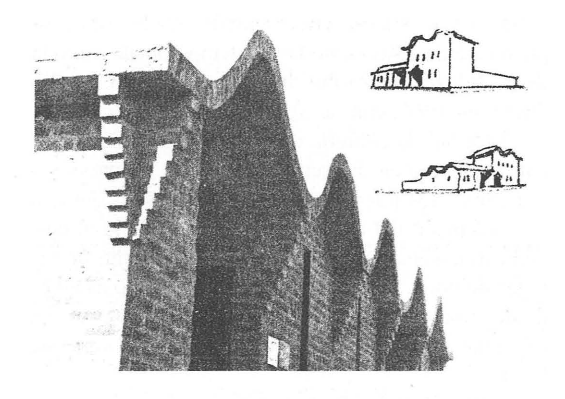


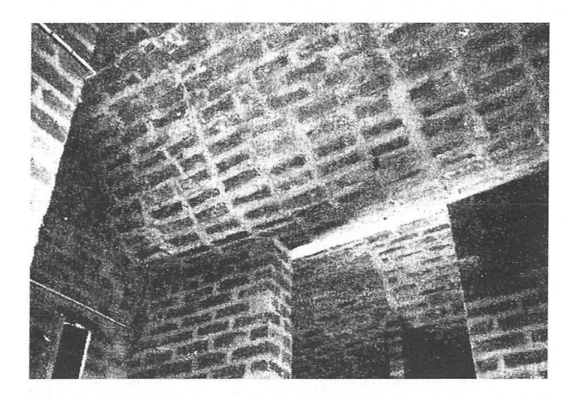
La imagen superior muestra cómo dos tejas de Mangalore rotas pueden colocarse juntas para formar un excelente relleno, y cómo se colocan entre las varillas de acero de refuerzo creando una red de nervios. La imagen inferior muestra una sección de las losas (Baker 1991).

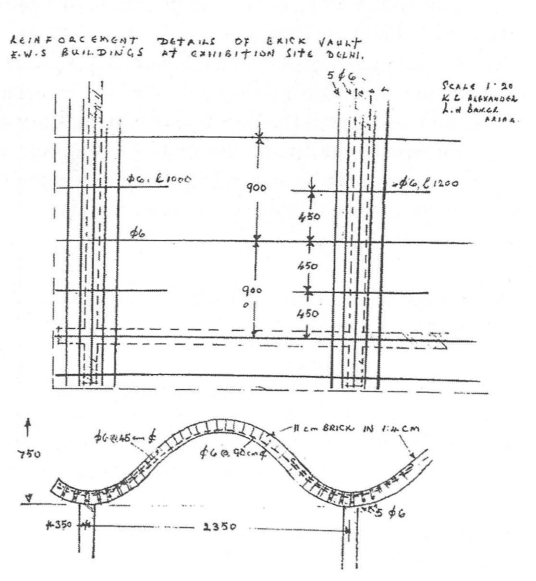
No son realmente bóvedas, ni sistemas de cerámica armada, sino losas armadas en retícula, aligeradas con piezas de relleno. Para evitar los problemas que genera la escasa sección de la losa, estas suelen estar dotadas de cierta curvatura: el 1/10 antes citado es la más habitual.

Mucho más interesantes son sus construcciones con fábrica armada, en las que las piezas de barro cocido sí son resistentes. El ejemplo más conocido es el de las dos viviendas que construyó en 1980 para el gobierno de Kerala en una muestra sobre vivienda en Delhi. En ellas, la influencia de la arquitectura de co-

Figuras 7 y 8
Losas aligeradas en construcción. Solución abovedada en «The Hamlet» Bhatia 1991, 26, y fotografía del autor

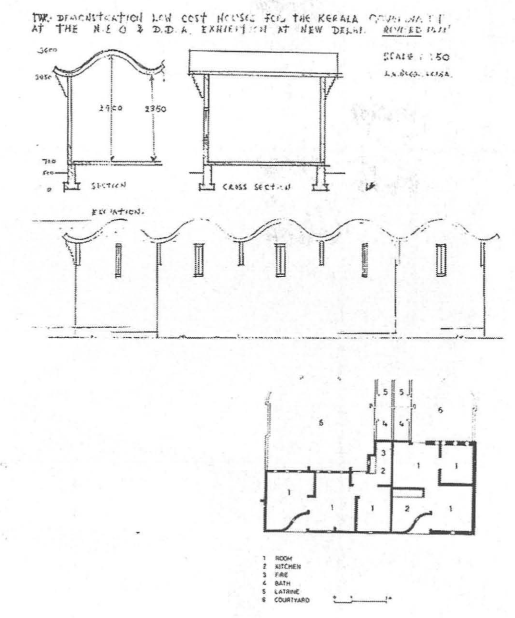






operación es evidente. Las formas y soluciones adoptadas recuerdan a los mencionados trabajos de Eladio Dieste (cuya arquitectura es de cooperación, si bien muchas de las soluciones desarrolladas por él han sido empleadas con posterioridad en ese contexto) o a algunas experiencias de Carlos González Lobo. Baker justificaba así las soluciones adoptadas:

> Cuando hice estas viviendas en Delhi no conocía la ciudad, ni sabía qué materiales de construcción de bajo coste podría encontrar allí; una breve inspección me mostró que se estaban utilizando principalmente ladrillo y hormigón. En esa época yo estaba tratando de encontrar alternativas al hormigón armado, sobre todo porque tanto el cemento como el acero son materiales de muy alto consumo de energía. Decidí, por lo tanto, utilizar el ladrillo en la mayor medida posible. Las bóvedas parabólicas utilizan sólo ladrillo, mortero y una pequeña cantidad de acero. No volví a emplear este sistema en las cubiertas debido a los costes de los encofrados, aunque estoy seguro de que en una colonia, o en un gran número de edificios de tamaño estándar, podría ser rentable elaborar encofrados reutilizables (Bhatia 1991, 208).



Figuras 9, 10, 11 y 12
Nueva Delhi, India. Viviendas experimentales para el gobierno de Kerala, construidas para la muestra de vivienda de Nueva Delhi, en 1980. Bhatia 1991, 208–210

Las viviendas son extremadamente sencillas; su diseño, medidas, distribución interior, etc. no vienen al caso. Interesa de ellas el sistema de fábrica armada empleado en cubiertas: formalmente, sobre una curva de apariencia sinusoidal (en realidad una serie de catenarias complementarias) se ha trazado una generatriz recta, casi horizontal, dando lugar a un juego de superficies curvas y contracurvas. La distancia entre generatrices superiores es de 2,35 m, aproximadamente. La generatriz inferior se apoya en muros interiores o pequeños machones, como los que pueden apreciarse en las imágenes. Las bóvedas son de una rosca, armadas, tal como se especifica en los planos, con apenas algunos redondos ∅6 mm.

El armado longitudinal (el que forma las curvas antes mencionadas) se sitúa en la zona superior de la fábrica, a modo de armado de momentos negativos, en las zonas cóncavas, y en la zona superior, la de positivos, en las convexas. Transversalmente se arman también las generatrices inferiores, con cinco redondos en toda su longitud. Todas las armaduras, tanto en el primer como en el segundo caso, se sitúan en las juntas de la fábrica, realizada con el ladrillo de la zona, de 22 × 10 × 7 cm. Hay que destacar que las piezas de fábrica que emplea Baker son muy sencillas, sin cajeado ni complemento alguno. No hay ladrillos rebajados, ni piezas especiales.

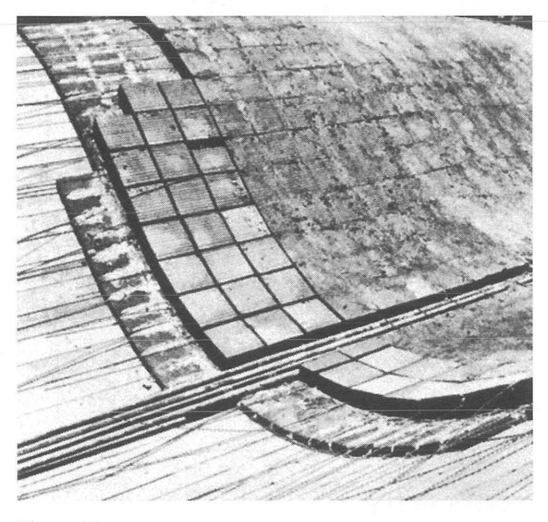


Figura 13
Construcción de la cubierta inclinada de la Iglesia de la Atlántida. Eladio Dieste. Mas, A.J. y Adell, J.M. 2005, 14

Se trata de una superficie reglada, mucho más simple que la de otras cubiertas contemporáneas como la de la Iglesia de Atlántida, construida por Eladio Dieste en 1960, con la que existen semejanzas tanto en lo formal (la cubierta de la Iglesia de Atlántida se curva también en dirección transversal, se apoya sobre complejos pliegues en los muros, etc.) como en la concepción del armado: en Dieste, debido al curvado transversal antes citado, el tratamiento de las vigas de borde es fundamental, y también lo es el armado transversal de las generatrices inferiores, ya que ellas forman los tirantes que atan las vigas de borde.

En las viviendas de Baker no hay empujes transversales, con lo que no hay tratamiento de ese borde. El planteamiento es plano: los arcos convexos longitudinales descansan sobre vigas rectas de fábrica armada, situadas junto a la generatriz inferior (cubriendo el 50% de la zona convexa de la viga) cuya forma curva no acaba de estar justificada. Los empujes laterales de esta suma de bóvedas no parecen haber sido tenidos en cuenta en el tratamiento del borde, ya que los muros sobre los que descargan son tan solo de medio pie. Tanto el alero como la bóveda de lateral se apoyan sobre un pequeño saliente de fábrica, tal como puede apreciarse en los detalles.

En resumen: Baker simplifica sistemas técnicos desarrollados en otros contextos y los adapta a las posibilidades que ofrecen los materiales y la mano de obra disponibles en la zona. Probablemente una geometría de doble curvatura hubiera sido más lógica desde el punto de vista estructural, pero Baker prefiere construir del modo más sencillo posible, y decide prescindir de las grandes luces que un sistema de este tipo hubiera posibilitado, limitando el intereje a 2,35 m y apoyando las generatrices inferiores en muros o muretes tan a menudo como le es posible.

Algunas conclusiones. Baker y la fábrica armada

Parece claro que la intención de Baker no era solamente «utilizar el ladrillo en la mayor medida posible» (Baker 1991, 28) sino además ensayar una versión simplificada de los sistemas de fábrica armada que desde los años 50 se estaban poniendo en práctica en contextos semejantes. La *letra* no es la de estos experimentos, por lo general mucho más complejos,

pero sí lo es su *espíritu*. El mismo Dieste afirmaba en «Técnica y Subdesarrollo»:

> Todos los campos de la técnica a los que me he asomado están llenos de problemas sin resolver y para resolverlos estamos [las regiones en vías de desarrollo y subdesarrolladas], en muchos campos, en condiciones iguales o superiores a las de los países desarrollados ...
>
> En este sentido nuestra modestísima actividad técnica puede servir de ejemplo. Creo que hemos descubierto una serie de técnicas, utilizando el más antiguo de los mampuestos, el ladrillo, y las hemos descubierto por pensar los problemas con independencia, viendo que se nos abría un camino técnicamente válido y viable ...
>
> Debemos salir del subdesarrollo, pero de una manera humana y nuestra, sin copiar ni los procesos, ni las técnicas, más que cuando nos sean absolutamente indispensables. La actitud primaria debe ser repensarlo todo ... (Dieste 2006, 259–266).

Es muy habitual, cuando se habla de la relación entre Fathy y Baker, poner el énfasis en el empleo por parte de ambos de sistemas de cubrición con obra de fábrica. Pero hay que dejar claro que, en lo que se refiere a abovedamientos o sistemas de fábrica armada, lo que en el caso de Fathy es reutilización y reciclaje consciente de un sistema constructivo autóctono, en Baker es una referencia a los sistemas empleados por sus contemporáneos en contextos similares, sean o no de cooperación. El referente de Baker en las viviendas en Delhi, y en otros muchos ensayos con sistemas semejantes, no es tanto la tradición mogol y sus estupendos edificios abovedados (antes hemos citado el Gol Gumbaz, en Vijapur o los arcos de acceso al Haveli de Sham Singh en Atari, pero hay otros muchos ejemplos espléndidos en el centro y el norte de la India) como los estudios contemporáneos del mismo Fathy, de Bonet Castellana, Dieste, González Lobo, etc.

Baker encontró en Kerala un oficio vivo en la construcción con madera, pero no en lo que se refiere a los sistemas abovedados; por ello, necesitó desarrollar técnicas constructivas propias para poner en pie sus creaciones arquitectónicas. Consciente de las limitaciones de la mano de obra y los materiales de los que disponía, simplificó y adaptó métodos locales, y los mezcló con soluciones y técnicas foráneas. La idea de Dieste de que «la actitud primaria debe ser repensarlo todo» (Dieste 2006, 266) está así presente, de forma muy evidente, en todo su trabajo.

Listado de referencias

AlSayyad, N. 1995. «From vernacularism to globalism: the temporal reality of traditional settlements». En *Traditional Dwellings and Settlements Review vol. 7 no. 1*. Berkeley CA: International Association for the Study of Traditional Environments.

Baker, L. 1974. «Cementlessness. Hindustan Times, Nueva Delhi, 4 de Noviembre de 1974». En Bhatia, G. (1991) *Laurie Baker – Life, work and writings*, 48. Nueva Delhi: Penguin.

Baker, L. 1991. «Laurie Baker's Cost Reduction Manual». En Bhatia, G. *Laurie Baker – Life, work and writings*, 277–300. Nueva Delhi: Penguin.

Baker, L. 1991b. *A manual of cost cuts for strong acceptable houses*. Centre of Science and Technology for Rural Development. Costford.

Baker, L. 1991c. *Rural house plans*. Centre of Science and Technology for Rural Development. Costford.

Bhatia, G. 1991. *Laurie Baker – Life, work and writings*. Nueva Delhi: Penguin.

Chandra, S. 2003. *History of Architecture and Ancient Building Materials in India*. Nueva Delhi: Tech Books International.

Dieste, E. 2006. «Técnica y subdesarrollo». En el catálogo de la exposición *Eladio Dieste 1943–1996*, 259–266. Sevilla: Consejería de Obras Públicas y Transportes.

Mas, A.J. y Adell, J.M. 2005. «Eladio Dieste y la cerámica estructural en Uruguay». En *Informes de la construcción num. 56*, 13–23. Madrid: Instituto de Ciencias de la Construcción.

Pramar, V.S. 2005. *A Social History of Indian Architecture*. Nueva Delhi: Oxford University Press.

Vela, F. 2002. «La arquitectura tradicional como expresión de la cultura popular y manifestación de su raíz vernácula». En *Arquitectura y construcción con tierra*. Madrid: Mairea.

Los ingenieros constructores del ferrocarril Alicante-Denia: Teodosio Alonso Pesquera, José Carbonell y José Mª Alonso Serra

Virginia García Ortells

Vuela el tren, y á su paso brotan panoramas, por ser de España, poco alabados, pero bellos como la naturaleza toda la región de mediterránea (Navarro Reverter 1875, 8).

Se puede llegar a conocer, en mayor o menor medida, la Obra Pública, su importancia histórica, sus peculiaridades constructivas y sus avances tecnológicos. Pero cuando se habla de ellas, muchas veces se proyecta una sombra sobre su creador. Conscientes de ello, las instituciones y centros dedicados al estudio e investigación de la historia de la construcción han ido dedicándole un capítulo más amplio al conocimiento de los artífices, pues son parte imprescindible para llegar al entendimiento de la historia de la construcción de la Obra Pública.

En este sentido se ha de destacar la labor de revistas científicas especialidas como, OP Ingeniería y Territorio, TST o, por supuesto la Revista de Obras Públicas, cuya aplicación informática colgada en la web nos permite buscar por palabra clave los artículos dedicados a las biografías de los ingenieros, sus necrológicas y los textos que ellos mismos escribieron. La colección «Ciencias, Humanidades e Ingeniería» del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos también dedica especial atención a las monografías de ingenieros, como Eduardo Saavedra, Eduardo Torroja, Manuel Lorenzo, Eduardo Cabello Ebrent, José Torán, Betancourt, Cambó, Sagasta, Manuel Peironcely, Fernández Ordóñez o Jose María de Lanz. Mención especial merecen los estudios de Sáez Ridruejo, donde los ingenieros de Caminos del siglo XIX son los indiscutibles protagonistas. Del mismo modo, la línea editorial del Ministerio de Fomento, a través del CEHOPU, incluye también monografías sin duda destacables, como la la reciente publicación dedicada Carlos Fernández Casado.

Con el objetivo de ampliar el conocimiento en este ámbito, la Dirección General de Investigación del Ministerio de Educación y Ciencia concedió a la Cátedra Demetrio Ribes UVEG-FGV el proyecto I+D «Repertorio biográfico de ingenieros valencianos: artífices y constructores de las obras públicas valencianas», enmarcado en la Convocatoria de Ayudas a Proyectos de Investigación 2004–2007 y siendo la profesora Inmaculada Aguilar Civera la investigadora principal. Esta actividad investigadora continúa en la actualidad, ampliada en el nuevo proyecto I+D+i 2008–2001 «Catálogo de las principales obras públicas de la Comunidad Valenciana, concedido por el Ministerio de Ciencia e Investigación».[1]

La presente comunicación se encuentra englobada en este proyecto de investigación, con la finalidad principal de conocer y valorar las infraestructuras férreas de la línea Dénia-Alicante a través de los ingenieros que las proyectaron, dirigieron y construyeron, desde las primeras propuestas hasta sus inauguraciones. Teodosio Alonso Pesquera, José Carbonell y Morand y Jose María Alonso Serra del Real, serán los protagonistas, pues su historia forma parte de la propia evolución ferroviaria, y nada mejor que el Congreso Nacional de Historia de la Construcción para darlos a conocer.

Personajes que no eran sólo ingenieros, sino también empresarios, políticos, profesores y teóricos emprendedores, cuya biografía resulta necesaria para conocer en profundidad la historia de la construcción y evolución de la única línea de ferrocarril de vía estrecha alicantina que continua hoy en día dando servicio, manteniendo así un singular patrimonio histórico que ha de ser conservado y valorado.

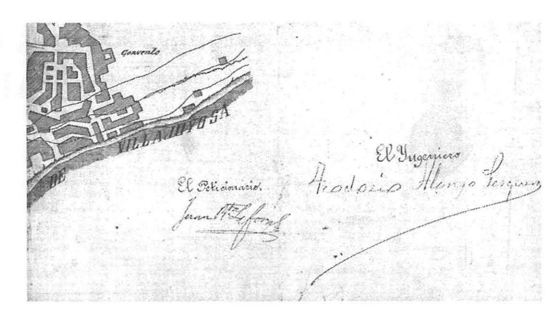


Figura 1
Firma de Teodosio Alonso Pesquera como ingeniero y de Juan Bautista Lafora como peticionario en el Plano de la Traza de Alicante a Villajoyosa del Proyecto de Ferrocarril Económico de Alicante a Villajoyosa. 1–02–1889. Aprobado por R.O. 29–10–1902. Archivo Histórico FGV. Sig. Ali/017/01

Teodosio Alonso Pesquera: la proyección de la idea

> Nada es, en efecto, tan grato como el estudio de esos grandes genios, de esas inteligencias superiores que, remontándose en las serenas esferas del arte, han conseguido con sus obras hacer avanzar un paso la complicada máquina del progreso de la humanidad (Alonso Pesquera 1885).

En el año 1884 el ferrocarril de vía estrecha de Carcaixent llegó definitivamente a Dénia, conectando las comarcas de La Ribera, La Safor y La Marina través de una red lineal de comunicación férrea. Años después, entre 1914 y 1915, esta línea hallará continuidad hasta la misma ciudad de Alicante. Una vía férrea que discurre por el litoral valenciano, con un paisaje marcado claramente por unas infraestructuras y servicios pertenecientes a un proyecto ferroviario con intereses comunes.

Los antecedentes de la emblemática línea del ferrocarril de vía estrecha que une la localidad de Dénia con Alicante se encuentran en la figura de don Juan Bautista Lafora, quien empezó los trabajos necesarios para el estudio de un ferrocarril de vía ancha entre Alicante y Dénia (aunque en un primer momento sólo era hasta Villajoyosa). Estudios que en 1882 se materializarían en un proyecto de vía ancha.

El proyecto de 1882, redactado por los ingenieros Antonio Fusté y Joaquin M. [Campderá?] sentaría las bases del ferrocarril de La Marina, presentando una amplia memoria, presupuestos, plano general, perfiles longitudinales, planos de sección, tipos de obras de fábrica, planos acotados y obras especiales, modelos y emplazamientos de estaciones, casillas, garitas y retretes.[2] Aunque de vía ancha, su detalle y minuciosidad hizo posible la rápida ejecución de los proyectos posteriores, ya que lo tomaron como modelo de referencia, copiando las trazas generales y modelos de infraestructuras férreas.

Sabemos que en 1889[3] se autoriza a Lafora la transformación de su propuesta de 1882 en ferrocarril de vía estrecha, prolongándolo hasta Dénia. Para ello, le encarga al ingeniero Tedosio Alonso Pesquera la redacción del proyecto, siendo aprobado por R.O. del 29 de octubre de 1902.[4]

Ingeniero, empresario y político vallisoletano

La figura de este ingeniero está muy ligada a la actividad política de su ciudad natal, Valladolid, donde nació el 11 de enero de 1846. Los Alonso-Pesquera, estudiados en profundidad por Juan Antonio Cano García (2005), fueron una de las familias de gran importancia e influencia política vallisoletana. El padre de Teodosio, Millán Alonso del Barrio[5] fue el creador de esta dinastía, apareciendo en los primeros tiempos del régimen liberal y estableciendo conexiones con el centro político nacional. Este personaje inició su carrera política en el Trienio Liberal, accedió en 1837 al Parlamento, donde se mantuvo hasta la caída de Isabel II y fue nombrado senador vitalicio en 1858. El testigo de su dilatada vida política fue recogido por sus hijos Miguel, Teodosio, Francisca y Eusebio.

Teodosio fue, sobre todo, ingeniero y hombre de negocios, siendo secundaria su dedicación a la políti-

ca. Según consta en el expediente personal,[6] cursó sus estudios en la Escuela Especial de Caminos, Canales y Puertos de Madrid y terminó la carrera en octubre de 1871. Estuvo destinado a las provincias de Valladolid, Salamanca, Cuenca y Segovia, siendo en 1878 cuando Eusebio Alonso Pesquera[7] solicita al Cuerpo permiso para que Teodosio pase a trabajar a su servicio. Ya en la década de los ochenta, Teodosio, en situación de supernumerario, comienza a dedicar sus esfuerzos en la realización de proyectos para empresas particulares.

En 1891 inicia su andadura política como diputado a Cortes por Valladolid.[8] Por lo que se escribió sobre él, su vocación política le debió llegar más por imposición familiar que por iniciativa propia. El verdadero político de la familia, después de su padre, fue su hermano Miguel. Fallecido este en 1887, Teodosio le sucedió en su carrera como diputado.

> Don Teodosio Alonso Pesquera. Rico y cuidadoso de su hacienda, no ha sabido, sin embargo, cuidar una gran fortuna que le dejó su ilustre y llorado hermano D. Miguel: el Partido Conservador de Valladolid. Capital inmenso y saneado éste, él lo viene derrochado como el más pródigo entre los pródigos. El señor Alonso Pesquera es un aristócrata en su palacio, abierto para escaso número de personas, en Sardón un señor feudal; en las calles de Valladolid un sombrero de copa que saluda a lo Amadeo; ¿Será este acaso un símbolo de su política; política añeja, equivocada, que no se hace popular nunca y acaba por irse. Como el honrado monarca de la dinastía de Saboya? (El Norte de Castilla 1896).

Su implicación con el ferrocarril de vía estrecha

Juan Antonio Cano García (2008) afirma que, además de la ya importante herencia familiar, Teodosio tuvo un papel primordial en la fundación de la Sociedad Industrial Castellana, y poseía fábricas de harinas en Arrabal del Portillo y Medina del Campo. Este carácter empresarial lo introdujo en la construcción ferroviaria, apareciendo como promotor del ferrocarril Valladolid-Ariza, con un capital propio de 770.000 pesetas.

Su formación como Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos hizo de él un hombre sensible a las teorías artísticas, mostrándolo así en la «Memoria sobre el Renacimiento», ensayo que escribió en 1885 y que fue premiado en los Juegos Florales de Valladolid de 1886. Resulta oportuno citar precisamente a este ingeniero para explicar su implicación con la construcción de la vía estrecha en España, pues afirmaba que «nada en el mundo es producto de la casualidad, sino lógica y forzosa consecuencia del encadenamiento de las ideas, estos sucesos de primera magnitud están siempre relacionados con otros en el orden científico y social, que es conveniente al menos recordar, si han de apreciarse á fondo los primeros, para poder juzgarlos con la precisa imparcialidad y estimarlos según los reclama su valor» (Alonso Pesquera 1886, IV (9): 151).

Precisamente, este «encadenamiento de ideas» es lo que relaciona al vallisoletano Teodosio Alonso Pesquera con el ferrocarril de vía estrecha de Alicante a Dénia. Sus particulares reflexiones sobre la necesidad de la vía estrecha las plasmó en un estudio titulado «Algo sobre obras públicas», realizado en 1888 con motivo de la «Proposición de Ley» de Arturo de Marcoartu referente a las obras públicas, donde se reflejaba que el país estaba en grave desventaja con los mercados extranjeros, achacándolo, en parte, a los desaciertos en la construcción de la red ferroviaria española, así como la inhábil gestión del Estado.

Teodosio analiza en su estudio esta proposición, resaltando, entre otros factores, la ventaja de la aplicación del ferrocarril de vía estrecha en España, afirmando que hubiera sido mucho más factible y apropiado para las características geográficas y económicas de nuestro país. Expone, a su parecer, los errores y abusos del sistema aplicado, afirmando que «la mayor parte de las líneas actuales construidas con ancho normal y que han sido un negocio desastroso para sus accionistas, les habrían dado un interés muy aceptable, si se hubiese hecho del ancho que recomendamos» (Alonso Pesquera 1888).

Posiblemente, Juan Bautista Lafora le encargó la redacción del proyecto del ferrocarril de Alicante a Villajoyosa debido a esta voluntad y convencimiento por la construcción de vía estrecha. Una oportunidad estupenda para que Teodosio demostrara las ventajas de esta vía con respecto a la anteriormente propuesta de vía ancha.

Un año después de la redacción del estudio, el 1 de febrero de 1889, Teodosio Alonso Pesquera redactó el «Proyecto de Ferrocarril Económico de Alicante a Villajoyosa», a partir de todos los planos y estudios ya realizados en 1882 (de vía ancha). En la memoria descriptiva señala claramente que se debía abandonar

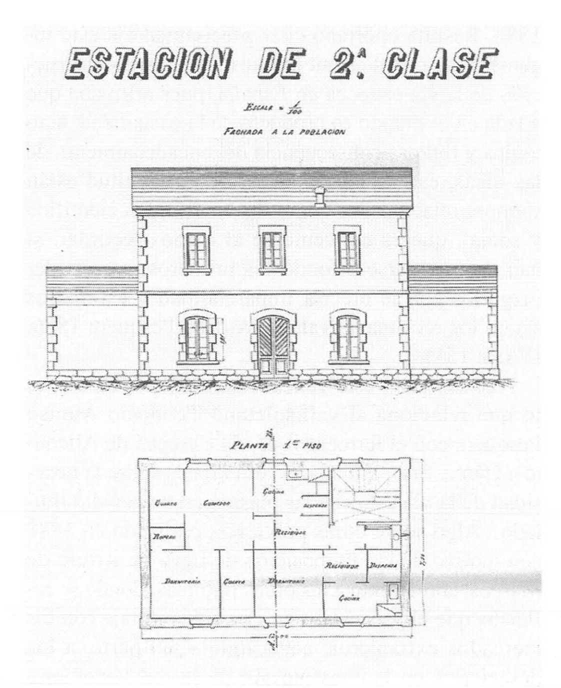


Figura 2
Estación de 2ª clase. Proyecto de Ferrocarril Económico de Alicante a Villajoyosa. 1–02–1889. Peticionario Juan Bautista Lafora. Ingeniero Teodosio Alonso Pesquera. Aprobado por R.O. 29–10–1902. Ministerio de Cultura. Archivo General de la Administración. (4)37 CAJA 25/08335

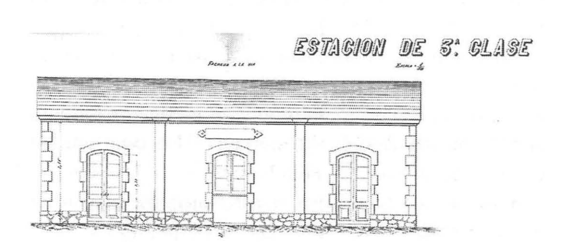


Figura 3
Estación de 3ª clase. Proyecto de Ferrocarril Económico de Alicante a Villajoyosa. 1–02–1889. Peticionario Juan Bautista Lafora. Ingeniero Teodosio Alonso Pesquera. Aprobado por R.O. 29–10–1902. Ministerio de Cultura. Archivo General de la Administración. (4)37 CAJA 25/08335

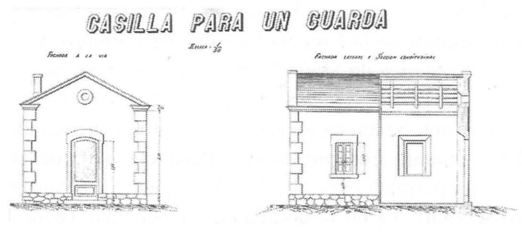


Figura 4
Casilla para un guarda. Proyecto de Ferrocarril Económico de Alicante a Villajoyosa. 1–02–1889. Peticionario Juan Bautista Lafora. Ingeniero Teodosio Alonso Pesquera. Aprobado por R.O. 29–10–1902. Ministerio de Cultura. Archivo General de la Administración. (4)37 CAJA 25/08335

la idea de construir un ferrocarril del ancho de vía ordinario, para «obtener una vía férrea que satisfaga todas las necesidades y exigencias de las localidades á que está destinada á servir; que su coste quilométrico resulte muy económico; que las tarifas que se apliquen sean muy reducidas, especialmente la referentes á los artículos que produzca la comarca interesada, y, finalmente, para que produzca utilidades al capital invertido, debe desde luego abandonarse, en circunstancias dadas, la idea de construir un ferrocarril del ancho de vía ordinario». Con respecto al trazado proyectado en 1882 manifiesta el firme propósito de continuarlos hasta empalmarlo en Denia «con la línea de esta última población a Carcagente, sirviendo, de paso, las importantes poblaciones de Benidorm, Altea, Benissa y sus afluentes».[9]

Estación de 2ª clase. Proyecto de Ferrocarril Económico de Alicante a Villajoyosa. 1–02–1889. Peticionario Juan Bautista Lafora. Ingeniero Teodosio Alonso Pesquera. Aprobado por R.O. 29–10–1902. Ministerio de Cultura. Archivo General de la Administración. (4)37 CAJA 25/08335.

En 1892[10] se le nombra Jefe de Negociado de 2ª clase y en 1896 Jefe de Negociado de 1ª.[11] El 22 de junio de 1896 se le concedió el título de Marqués de Alonso Pesquera.[12] Las fechas que nos han llegado sobre su defunción son algo confusas. En el Archivo del Congreso de los Diputados aparece que «el 16 de diciembre de 1900 se dio cuenta de su fallecimiento»,[13] sin embargo Elías Pérez Cano, en diciembre de 1899 le dedica unas palabras como pésame a su muerte:

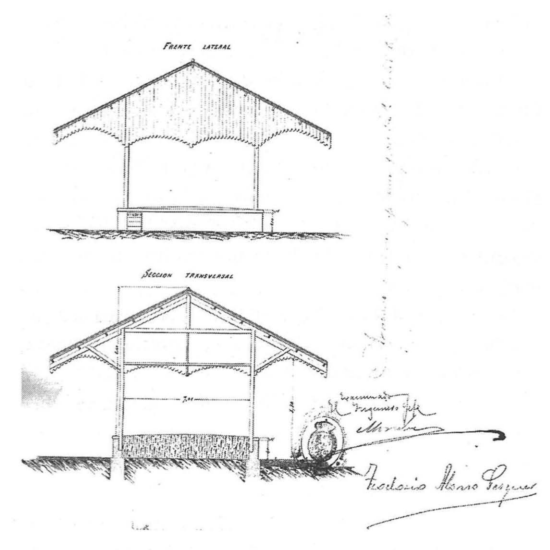


Figura 5
Muelle de mercancías. Proyecto de Ferrocarril Económico de Alicante a Villajoyosa. 1–02–1889. Peticionario Juan Bautista Lafora. Ingeniero Teodosio Alonso Pesquera. Aprobado por R.O. 29–10–1902. Ministerio de Cultura. Archivo General de la Administración. (4)37 CAJA 25/08335

Figura 6
Tramo metálico de 10 m de longitud. Proyecto de Ferrocarril Económico de Alicante a Villajoyosa. 1–02–1889. Peticionario Juan Bautista Lafora. Ingeniero Teodosio Alonso Pesquera. Aprobado por R.O. 29–10–1902. Ministerio de Cultura. Archivo General de la Administración. (4)37 CAJA 25/08335

Es de advertir que con fortuna respetable, enlazado con esposa amante, rodeado por hijos cariñosos titulado por méritos propios, ostentando la representación en cortes que actualmente tenía, más que por hondas aficiones, por tradición y por seguir la historia de su familia, nunca olvidaba que era Ingeniero de Caminos, y tenía especial y singularísima satisfacción de poseer este título, que había ganado en buena lid (Pérez Cano 1899).

José Carbonell y Morand: la materialización del proyecto

La Economía, es la ciencia que nos enseña a formar, distribuir y consumir las riquezas de manera que satisfaga al mayor número de necesidades del hombre. Está compuesta de las palabras griegas oikos (riqueza) y nomos (ley, administración). El ingeniero de minas precisa conocer esta ciencia, porque si solo supiera extraer los minerales de la tierra, desconocería cómo se convierten en riquezas (Carbonell 1928).

En 1901 Juan Bautista Lafora vendió la concesión del ferrocarril de Alicante a Denia a don José Carbonell y Morand, un ingeniero de minas procedente de una familia alcoyana con un gran poder adquisitivo, debido a sus actividades financieras e industriales.

Según nos cuenta Rafael Abad Segura (2002), Antonio Carbonell Llácer (1827–1878), el padre de José Carbonell, fue un gran comerciante y hombre de negocios, dedicándose a la madera, fabricación de licores, vinos y papel, siendo Recaudador de Contribuciones en las provincias de Alicante, Murcia y Córdoba.[14] En 1866 funda la conocida «Casa Carbonell» y se introduce en el negocio del aceite. Para continuar con sus negocios, la familia se traslada a Córdoba, aunque siempre continuaron sus contactos familiares con Alcoy y Dénia, de donde era su mujer, Cándida Morand Bordehorde. Tuvieron 10 hijos, siendo uno de ellos José Carbonell y Morand, nacido el 19 de enero de 1861 en Alcoy.[15]

Viniendo de una familia tan acomodada, José Carbonell y Morand pudo favorecerse de la mejor educación del momento, asistiendo a los mejores colegios y eligiendo estudiar en 1879 en la Escuela Especial de Ingenieros de Minas de Madrid,[16] para obtener el título en la promoción de 1885. En el año 1893 obtiene la Cátedra de Derecho Administrativo y Legislativo de Minas.

Profesor y teórico

Aunque en un principio se mantuvo ligado a los negocios familiares, poco a poco se fue desvinculando de ellos. A partir del año 1900 comenzó a dedicar todo su esfuerzo a la docencia en la Escuela de Ingenieros de Minas y a la redacción y ejecución de importantes proyectos ferroviarios.

Su actividad teórica fue reconocida, pues algunos de sus escritos se utilizaron como textos obligatorios en la Escuela Superior de Ingeniería de Madrid. Sus lecciones dadas en la Escuela durante el curso 1905 a 1906 fueron publicadas con el nombre «Legislación de Minas» y un año después, en 1907, se publicó el «Curso de Economía Minera». Su preocupación por la formación de los futuros ingenieros se hizo patente en 1911, cuando publicó en la Revista de Obras Públicas un artículo titulado «La enseñanza de la física en las escuela de ingenieros», donde destacaba la necesidad de fomentar en los planes de estudio las Matemáticas y la Mecánica General. Incluso tras su muerte, el método y clases sobre economía minera fueron publicados, sirviendo como manual a los futuros profesores y alumnos.

Aunque quizá los artículos más destacados fueron los escritos por él y sobre él en la Revista de Obras Públicas (Carbonell 1914), con respecto al proyecto del Ferrocarril directo de Valencia a Madrid, presentado en 1909 (García 2008).

Casado con Joaquina Noeli Uhthoff, tuvo 5 hijos, a quienes supo transmitir la pasión por la ingeniería minera, iniciando una saga de Ingenieros de Minas que duró durante cinco generaciones.[17]

El ingeniero ferroviario

Sus viajes por Europa y América le sirvieron como fuente de documentación, estudiando las grandes obras de ingeniería, sus problemas y soluciones aplicadas. Esta experiencia práctica le sirvió para tomar las riendas de nuevas empresas y estudios férreos, comprando en 1901 la concesión del ferrocarril de Alicante a Dénia a Juan Bautista Lafora. Este proyecto le llevaría a implicarse y relacionarse de nuevo con la sociedad alicantina, especialmente con la ciudad de Dénia, tan ligada a su familia materna.

Cuenta Vicent Ferrer (1993) que José Carbonell cedió los derechos de esta concesión a la Compañía del Ferrocarril a la Marina (Alicante-Villajoyosa), Sociedad Anónima Española, que se constituyó por escritura pública el 3 de julio de 1902, ante el notario de Madrid don José García Lastra. Los socios que constituyeron esta compañía eran el barón de Petrés, Eduardo Gullón, Teodoro Noeli, Juan Lafora, Román Bono, Basilio Martínez, Teodoro Tutón y, por supuesto, José Carbonell. Concesión que fue declarada definitiva por R.O. del 8 de noviembre del mismo año.

Será José Carbonell quien retome el proyecto redactado por Teodosio Alonso Pesquera. El proyecto, comenzado por Teodosio en 1889, lo finlaiza José Carbonell en 1902, firmando él como ingeniero en lo correspondiente a las tarifas y a las bases generales de percepción. Será él quien lo supervise y presente para su aprobación definitiva por R.O. de 29 de octubre de 1902.[18]

Sin embargo, las circunstancias ocasionaron la paralización de los trabajos y liquidación de la Sociedad, caducando la concesión por R.O. del 18 de junio de 1910, dictada por el Ministerio de Fomento.[19] Aún así, José Carbonell no se detuvo, creando una nueva empresa. Se convirtió en el representante de Boffinet, Sloms y Compañía, quienes constituyeron la Compañía de los Ferrocarriles Estratégicos y Secundarios de Alicante, otorgada ante el notario don Camilo Ávila el 24 de octubre de 1910. Por R.O. de 8 de julio de 1911 a esta Sociedad se le otorga la concesión de Alicante a Villajoyosa.[20]

Las estaciones y obras de fábrica conservaron, en mayor o menor medida, las líneas planteadas ya en 1882, mientras que José Carbonell dedicó todo su esfuerzo en la proyección de los trazados y emplazamientos definitivos. En el Archivo Histórico de Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana se encuentra el «Plano comparativo con el antiguo y nuevo trazado del proyecto de ferrocarril secundario entre Alicante y Villajoyosa», presentado en 1911 y aprobado en 1912. Igualmente, a partir de esta fecha proyectó las modificaciones en estaciones, puentes, los trazados definitivos de la sección de Villajoyosa a Denia, los emplazamientos de estaciones e incluso los coches, vagones y locomotoras necesarias para la explotación.

Tras la concesión definitiva, en 1911, se iniciaron las obras, adjudicadas en un primer momento a la casa francesa Péchot y Marx y, posteriormente, a la Société Internationale de Travaux Publics.

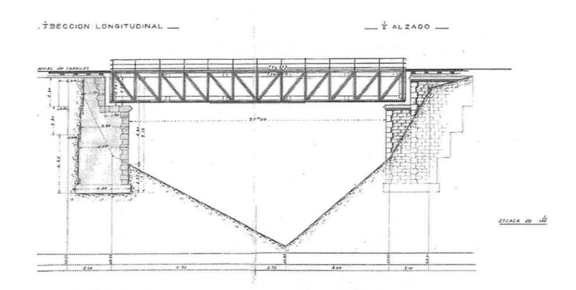


Figura 7
Puente metálico de 20 m de luz sobre el barranco del Moneder. Línea de Villajoyosa a Denia. Ing: José Carbonell y Morand. 7–10–1913. Ministerio de Cultura. Archivo General de la Administración. Sig: (4)35 24/11376

La inauguración del ferrocarril de Alicante a Altea fue el 18 de octubre de 1914, y el de Altea a Denia el 17 de julio de 1915.

José María Alonso Serra del Real: Construcción e inauguración de la línea

> El ingeniero constructor, nuestro distinguido compañero don Jose María Serra, que ha sabido conquistarse un nombre con la ejecución de estas obras, merece todos nuestros plácemes Se ha abierto paso por sus méritos propios; actualmente está encargado a la vez de otro ferrocarril. Ha recibido muchas felicitaciones; reciba la nuestra más sincera, que cordialmente le damos (Maluquer 1915).

Estas palabras le dedica a José Mª Alonso Serra del Real el periodista Salvador Manuel, representante de la Revista de Obras Públicas invitado a la inaugu-

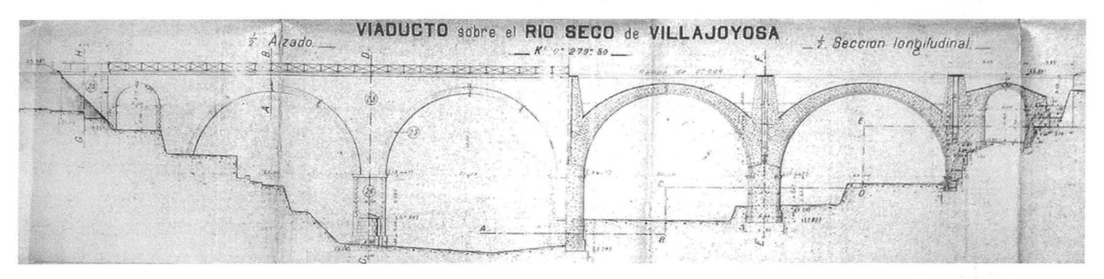


Figura 8
Viaducto sobre el río Seco de Villajoyosa. Línea de Villajoyosa a Denia. Ing: José Carbonell y Morand. 1911. Ministerio de Cultura. Archivo General de la Administración. Sig: (4)24/10873

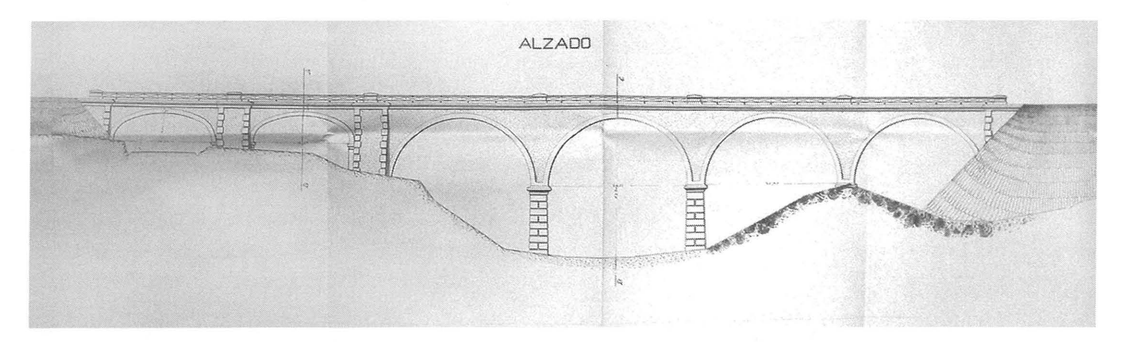


Figura 9
Puente sobre el río Gorgos. Línea de Villajoyosa a Denia. Ing: José Carbonell y Morand. 9–12–1911. Ministerio de Cultura. Archivo General de la Administración. Sig: (4)24/10873

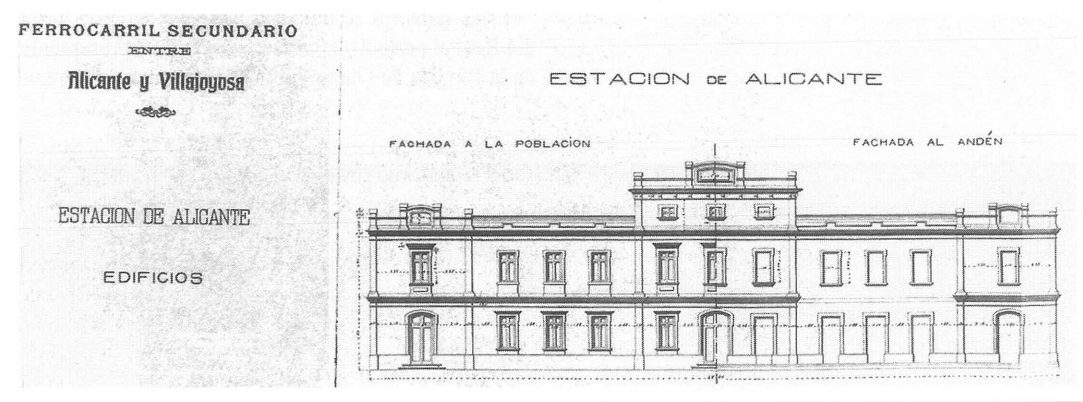


Figura 10–11 y 12
Planos de la estación de Alicante, correspondientes a los proyectos de Antonio Fusté y José Mª [Capderá?] (1882, Archivo general de la Administración), Teodosio Alonso Pesquera (1889, Archivo General de la Administración) y José Carbonell y Morand (1913, Archivo Municipal de Alicante). Se aprecia como finalmente Carbonell retoma la idea original de 1882, pese a que Teodosio había optado por la simplificación del edificio

ración del ferrocarril de Altea a Denia el 17 de junio de 1915.

Jose Mª fue el ingeniero director de la construcción y explotación de los Ferrocarriles Estratégicos y Secundarios de Alicante, estando al frente de las obras, llevándolas a buen término y superando las dificultades e imprevistos que fueron surgiendo.

Este ingeniero de Caminos, Canales y Puertos puso en práctica sus conocimientos en la provincia de Soria, jefatura a la que fue destinado por R.O. de 17 de octubre de 1911, tras ser nombrado Ayudante de Obras Públicas. En 1914, por R.O. de 26 de marzo, se le nombra Ingeniero subalterno con categoría de Oficial de Administración de segunda clase y se le destina a la Jefatura de Obras Públicas de Santa Cruz de Tenerife. Un mes más tarde es trasladado a la provincia de Jaén, y el 26 de mayo del mismo año solicita la situación de supernumerario.[21]

Según consta en su expediente del Negociado de Personal y Asuntos Generales, Alonso Serra prestó servicios en la Compañía de los Ferrocarriles Estratégicos de Alicante desde 1914 hasta junio de 1933, méritos que expuso para su ascenso. Su principal actuación en esta empresa fue la dirección de las obras de construcción del ferrocarril de Alicante a Villajoyosa y Dénia, firmando como Ingeniero de la Com-

pañía el acta de reconocimiento de las obras el 7 de octubre de 1914. Este ferrocarril llegó a Altea el 28 de octubre de 1914 y a Denia el 11 de julio de 1915.[22]

Por R.O. de 17 de octubre de 1919 se le asciende a categoría de Jefe de Negociado de tercera clase, en 1923 pasa a Ingeniero segundo y por R.O. de 7 de marzo de 1928 se le nombra Ingeniero 1º. El 6 de marzo de 1934 la junta superior consultiva le asciende a Ingeniero Jefe de 2ª clase.

Un paseo por La Marina

> La locomotora, al salvar la distancia de Altea a Denia, va a cerrar un circuito grandioso París-Cartagena, 1.800 km. Estamos asistiendo al cerramiento de la Gran Línea del Mediterráneo.
>
> «Las once y media marca el reloj del sol de Bernia, enorme piedra que se distingue en lo alto de la montaña, naturalmente orientada para dar con la sobra a la hora exacta.
>
> El mar, con sus tintas azulada, aparece siempre entre distintos aspectos de lcosta recortada. La carretera de Alicante a Silla zigzaguea para tomar altura; nosotros también vamos subiendo (Maluquer 1915).

Viajar en el ferrocarril de Alicante a Dénia es realizar un paseo por la única línea de vía estrecha conservada en la provincia de Alicante. Un medio de transporte casi centenario que continúa dando servicio público a las poblaciones costeras haciendo uso de unas históricas infraestructuras. Ingeniería, arquitectura, arte, comunicación, tecnología e innovación se aúnan para proporcionar un servicio eficaz conservando su patrimonio monumental.

Los proyectos de Juan Bautista Lafora (1882), Teodosio Alonso Pesquera (1889–1902) y los de José Carbonell y Morand (1911–1913) lograron configurar una red que permite hoy en día realizar una mirada al territorio, donde conviven el uso y modernización actual con un patrimonio industrial que ha de ser valorado y estudiado. Este trazado se ha insertado en el paisaje alicantino, no pudiéndolo interpretar como un elemento aislado, sino como parte de un contexto, como un objeto de la memoria colectiva.

Figura 13
Firma del ingeniero José Mª Alonso Serra del Real. Archivo General del Ministerio de Fomento

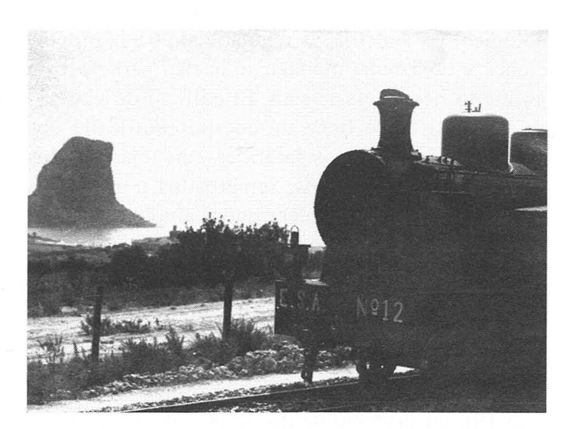


Figura 14
El Trenet de la Marina a su paso por Calpe (ca. 1915). Museo del Ferrocarril Delicias. Fundación de los Ferrocarriles Españoles

Eran doce las estaciones que se proponían y se construyeron para la línea entre Alicante y Denia, y tres sus categorías: La estación de Alicante de 1ª clase, la de San Juan de 3ª clase, la de Campello de 3ª clase, la de Villajoyosa de 2ª clase, la de Benidorm de 3ª clase, la de Altea de 2ª clase, la de Callosa de Ensarriá (luego llamada de la Olla de Altea), la de Calpe de 3ª clase, la de Benissa de 3ª clase, la de Teulada de 3ª clase, la de Gata de 2ª clase y la de Denia.

Las estaciones de Alicante y Dénia recibieron un tratamiento individual, siendo estaciones término de enlace. Las estaciones de 2ª y 3ª clase respondieron al modelo y concepto de estandarización en la arquitectura ferroviaria. Las estaciones de segunda clase (Gata, Altea y Villajoyosa) tenían como instalaciones: edificio de viajeros, retretes y lampistería, muelle cubierto, cochera para carruajes y cochera para locomotoras (con placa giratoria). Eran edificios modestos, típicos de una estación intermedia, lateral a las vías, sin ningún alarde ni arquitectónico ni tec-

nológico. La simetría, la regularidad en sus proporciones y el sistema modular le hacían participar de un cierto «corte clasicista». El edificio de viajeros de segunda clase tiene un cuerpo central de dos plantas y dos cuerpos laterales con tejado a dos aguas. Vanos rebajados, remarcados por severas molduras de ladrillo, potenciando la volumetría con zócalos, esquinales, impostas y cornisas potencian su volumetría.

El día de la inauguración se describía el trayecto, señalando que, tras el Campello, se pasaba por una zona muy estribada, cruzando un túnel de 400 metros revestido de hormigón y el barranco de Aguas (km 19), un viaducto de dos tramos de 42 metros y un tramo de 22, sobre pilas de mampostería de 20 metros de altura.

Los barrancos de pequeñas dimensiones se salvaban por obras metálicas de 20 metros de luz, como el de Carrichales, Charco y Carabassot. Tras la estación de Villajoyosa el tren debía salvar el río Amadorio, construyéndose para ello un puente de fábrica de cuatro arcos de 20 metros de longitud y 2 de 8, con una altura media sobre el río seco de 25 metros.

De Villajoyosa a Altea la traza era menos accidentada, aunque con obras de fábrica importantes como el puente del Murtal, (3 arcos de 10 metros), y el de torres (2 arcos de 20 metros). El propio ingeniero, Jose Mª Alonso Serra del real, contaba que el paso por Altea fue una construcción muy dificultosa, porque el ferrocarril pasaba por debajo de la población mediante túneles, cortando cimientos de muchas casas y realizando cimbras especiales. Para salir de Altea debía cruzarse el río Algar, a través de un puente metálico de tablero inferior compuesto de ocho tramos de 20 metros (Aguilar 2008).

En el kilómetro 60 se atraviesa el espectacular desfiladero del Mascarat, salvado con un tramo metálico de 45 metros de altura, apoyado en la roca, de tablero recto y vía en curva, con entrada y salida en túnel.

Pasando Calpe se salva el barranco del Pou Roig por un espectacular viaducto con 2 tramos de 44 metros y dos de 22, sobre esbeltas pilas de sillería con una altura media de 28 metros. Y En el km 68 se encuentra el viaducto más importante de la línea, el de Santa Ana, compuesto por dos tramos de 45 metros y cuatro de 22, sobre pilas metálicas de 40 metros de altura. [23]

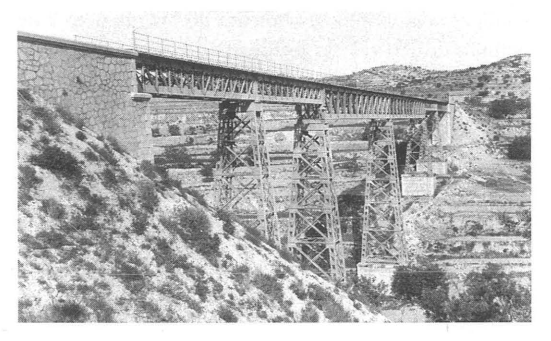


Figura 15
Viaducto de Santa Ana o Quisi. Museo del Ferrocarril Delicias. Fundación de los Ferrocarriles Españoles

NOTAS

1. Investigación incluida dentro de los objetivos del proyecto I+D+i «Catálogo de las principales obras públicas de la Comunidad Valenciana. La herencia de sus ingenieros», con referencia HAR2008–05729/ARTE, en el marco del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación tecnológica. Ministerio de Ciencia e Innovación.
2. Ministerio de Cultura. Archivo General de la Administración. Caja (4) 36 CAJA 25/07114 y (4) 102 LIB 3669–70 Y 61 TOP. 46.
3. R.O. 01 de agosto de 1889.
4. Proyecto de Ferrocarril Económico de Alicante a Villajoyosa. 1–02–1889. Peticionario Juan Bautista Lafora. Ingeniero Teodosio Alonso Pesquera. Aprobado por R.O. 29–10–1902. Ministerio de Cultura. Archivo General de la Administración. (4) 37 CAJA 25/08335.
5. 1795–1873.
6. Archivo General del Ministerio de Fomento. Leg. 6096.
7. Hermano de Teodosio.
8. En el Archivo del Congreso de los Diputados, consta la relación de las elecciones en las que Teodosio Alonso Pesquera fue Diputado: Legislatura 1891–1892, 1896–1898, 1899–1900, 1900–1901. Sig.A.C.D. Serie documentación electoral 105 nº 49, 109 nº 54 y 113 nº 46.
9. Proyecto de Ferrocarril Económico de Alicante a Villajoyosa. 1–02–1889. Peticionario Juan Bautista Lafora. Ingeniero Teodosio Alonso Pesquera. Aprobado por R.O. 29–10–1902. Ministerio de Cultura. Archivo General de la Administración. (4) 37 CAJA 25/08335.
10. R.O. de 25 de julio de 1882.
11. R.O. 23 de octubre de 1896.

12. Archivo del Congreso de los Diputados. Sig. A.C.D. Serie documentación electoral 105 nº 49, 109 nº 54 y 113 nº 46.
13. Archivo del Congreso de los Diputados. Sig. A.C.D. Serie documentación electoral 113 nº 46.
14. En el año 1861 es el mayor contribuyente industrial de Alcoy.
15. Según consta en el Archivo Municipal de Alcoy, 2280/001 «Lista de varones nacidos en las iglesias parroquiales: 1852–1866.
16. El expediente académico de José Carbonell y Morand se conserva en la Escuela Especial de Ingenieros de Minas de Madrid.
17. Se afincó en Madrid, donde murió en 1922.
18. Proyecto de Ferrocarril Económico de Alicante a Villajoyosa. 1–02–1889. Peticionario Juan Bautista Lafora. Ingeniero Teodosio Alonso Pesquera. Aprobado por R.O. 29–10–1902. Ministerio de Cultura. Archivo General de la Administración. (4) 37 CAJA 25/08335.
19. Gazeta de Madrid, nº 172 del 21 de junio de 1910.
20. Gazeta de Madrid, nº 191 del 10 de julio de 1911.
21. Ministerio de Fomento. Archivo General de la Administración. Leg: 6589.
22. Otra especial atención merece el proyecto de Riegos del Levante, la obra hidráulica más importante de Elche en la época, realizada por la Compañía de Riegos del Levante. Según la bibliografía existente, el proyecto fue realizado por Jose María Serra en 1917, siendo financiado por la banca francesa Dreyfus. Para salvar el cauce sobre el río Vinalopó, en el término municipal de Elche (García 2005).
23. Existe un interesante informe realizado en marzo de 1981, en el que el Jefe de la línea Alicante-Denia busca el Registro de la Propiedad de la Compañía de los Ferrocarriles Estratégicos y Secundarios de Alicante, con el fin de poder realizar el definitivo cambio de titularidad a FEVE, donde se especifican las propiedades e inmuebles de la línea, así como una breve historia de la misma: «Informe sobre la inscripción en el Registro de la Sociedad de la Compañía de los Ferrocarriles Estratégicos y Secundarios de Alicante. 16 de marzo de 1981». Archivo Histórico FGV, sig. ali/018/14.

Lista de referencias

Aguilar Civera, I. 2008. *La estación del Trenet Puerta de la Marina. Historia y puesta en valor del patrimonio de FGV*. Valencia: Cátedra Demetrio Ribes UVEG-FGV.

Abad Segura, R. 2002. *Personajes alcoyanos: trescientas biografías de personajes que han enaldecido nuestra ciudad*. Alcoi.

Alonso Pesquera, T. 1886. «Memoria sobre el Renacimiento». En *Revista de Obras Públicas*, 34, tomo IV (9): 150–156. Tomo IV (10): 163–171. Tomo IV (11): 186–188. Tomo IV (12): 200–204. Tomo IV (13): 218–220. Tomo IV (14): 233–236. Tomo IV (15): 248–242. Tomo IV (16): 266–268. Tomo IV (17): 280–284.

Alonso Pesquera, T. 1888. *Algo sobre obras públicas [Texto impreso]: pequeño estudio hecho con motivo de una proposición de ley del Sr. Marcoartu*. Valladolid: Cámara de Comercio.

Cano García, J. A. 2005. *Poder, política y partidos en Valladolid durante la Restauración*. Alicante: Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes.

Cano García, J. A. 2008. «La transmisión familiar del poder político en Valladolid durante la época contemporánea». En *Nuevo Mundo Mundos Nuevos, Coloquios*, 2008, [En línea], Puesto en línea el 28 abril 2008. URL: http://nuevomundo.revues.org//index30943.html. Consultado el 17 julio 2008.

Carbonell Morand, J. 1906. *Legislación de Minas*.

Carbonell Morand, J. 1907. *Curso de Economía Minera*.

Carbonell Morand, J. 1911. «La enseñanza de la física en las escuelas de ingenieros». En *Revista de Obras Públicas*, 59, tomo I (1856): 215–218.

Carbonell Morand, J. 1914. «El directo Madrid-Valencia». En *Revista de Obras Públicas*, 62, tomo I (2016): 235–236.

Carbonell y Morand, J. 1928. *Apuntes de Economía Minera Pública*.

García Ortells, V. 2005. «Acueducto de Aguas de Riego del Levante sobre el río Vinalopó». En *100 elementos del Paisaje Valenciano. Las Obras Públicas*, Valencia: Conselleria d'Infraestructures i Transport.

García Ortells, V. 2008. *Los ingenieros de la conexión ferroviaria Alicante-Dénia-Carcaixent*. Trabajo finalista del Concurso de Proyectos de Investigación: Paisajes del Transporte convocado por la Cátedra Demetrio Ribes UVEG-FGV, Valencia: Inédito.

García Ortells, V. 2008. «Segunda Etapa: La conexión ferroviaria de Valencia a Madrid. Ingenieros, proyectos y polémicas». En *El Ferrocarril en las Comarcas Valencianas: La Plana Utiel-Requena*, Valencia: Conselleria d'Infraestructures i Transport.

Manuel Maluquer, S. 1915. «Ferrocarril de Villajoyosa a Denia». En *Revista de Obras Públicas*, 357–360.

Navarro Reverter, J. 1875. *Del Turia al Danubio*. Valencia: Imprenta de Doménech.

Pérez Cano, E. 1899. «Teodosio Alonso Pesquera». *En Revista de Obras Públicas*, 46, Tomo I (1265): 485.

VVAA. 1977. *II Centenario de la Escuela de Minas de España (1877–1977)*. Madrid: Escuela de Minas.

La construccion en las ventas. Uno de los condicionantes que las introduce en la arquitectura popular

Joaquín Francisco García Sáez

Las ventas son unos edificios que han dejado de ser utilizados para la finalidad para la que fueron diseñados y construidos puesto que ha desaparecido el sistema de comunicaciones que las hizo necesarias, y, precisamente, esta falta de uso está haciendo que un tipo de edificio, hasta hace poco cotidiano, esté desapareciendo sin que quede perfectamente documentado cual era su morfología específica cuando funcionaban con uso hospedero, cuales eran sus elementos funcionales, sus aspectos constructivos característicos, sus relaciones con la sociedad del momento, sus aspectos compositivos, etc.

Por esta situación en la que se encuentran las pocas ventas que quedan, y a modo de introducción, vamos a tratar de conocer lo que eran las ventas cuando funcionaban como tales, puesto que en la actualidad, las que no han desaparecido están en ruinas o si están en uso, no lo están con la función hospedera, sino con una función agropecuaria que nada tiene que ver con su función original y por tanto están muy transformadas.

Para tratar de conocerlas se acude a fuentes de los siglos XVIII y XIX cuando funcionaban como ventas. Por un lado el Diccionario de Autoridades, por otro las crónicas escritas por viajeros extranjeros que pasaron por España en esos siglos.

Según el Diccionario de Autoridades respecto a venta comenta:

«Se llama afsímifmo a la cafa eftablecida en los caminos, y defpoblados para hofpedage de los paffageros. Dixofe afsi, porque en ella fe les vende lo que han menefter./ Se llama tambien por femejanza el fitio defamparado, y expuefto a las injurias del tiempo, como lo fuelen eftar las Ventas».

En esta definición nos explica que es una »casa», donde se sitúa y para que sirve, pero no nos dice ni como «funciona» ni como está construída.

Los textos escritos por Richard Ford (a modo de ejemplo entre otros muchos viajeros) nos permitirán conocer el punto de vista de un usuario/sufridor de estas instalaciones:

> La palabra venta deriva del latín vendenda, aun cuando podría anteponérsele un «non», puesto que no se vende en ellas nada a los viajeros.
>
> Hablando en puridad, una venta es una posada aislada en la carretera o salón de los caminos, que si no ofrece atractivos físicos, los ofrece al menos espirituales, de ahí el gran lugar que ocupan en todas las narraciones personales y de viajes por España (Ford [1845] 1988, 191).
>
> Desde tiempo inmemorial las «ventas» han sido tema de bromas y chistes entre los ingenios españoles y extranjeros. Quevedo y Cervantes están llenos de diatribas contra las bribonadas de sus dueños y las miserias de su hospedaje. La palabra, según algunos, se deriva del latín «vendendo», porque allí «no» se venden provisiones de boca a los viajeros: «Lucus a non lucendo». El viejo Covarrubias, cuyo «Tesoro» o diccionario es un verdadero tesoro de curiosa información, explica esta etimología de vender en el sentido específico de «vender gato por liebre». Esto, ciertamente, era y sigue siendo cosa tan corriente que «venderle gato por liebre a uno» se ha convertido en sinónimo de engañar. Este aspecto de la

> gastronomía española no pasó desapercibido al autor de Gil Blas. Algunos hacen derivar la palabra «venta» de «veniendo», por el ir y venir de los pupilos, pero, sea ello lo que fuere, el caso es que la venta, estrictamente es una casa aislada donde se recibe a los que pasan por la carretera y es lugar, si no de manutención física, sí, por lo menos moral y, en consecuencia, figura de manera prominente en las narraciones personales y de viajes de la literatura española. (Ford [1845] 1982, 66).

En estos comentarios de Richard Ford nos las compara como las posadas, con lo que nos está diciendo para que sirven, las ubica en carreteras o caminos con lo que nos las sitúa en entorno determinado y característico, nos habla de su relación con la sociedad del momento, pero tampoco nos dice como «funciona», no describe los elementos funcionales de esos edificios, no nos dice como están construídos ni sus aspectos compositivos, caso de tenerlos.

Todos estos aspectos de las ventas, como en cualquier edificio, están relacionados entre sí y constituyen un todo que da forma, carácter y vida al edificio, por lo que es muy difícil separar unos de otros para estudiarlos por separado puesto que unos condicionan a otros.

Dada la brevedad de la presente comunicación, en ella se trata de identificar y definir los elementos constructivos de las ventas y las singularidades que estos puedan tener, para lo cual se recurrirá principalmente al trabajo de campo en ventas que se sitúan en la provincia de Albacete, aunque el estudio traspasa los límites provinciales por la parte de Valencia y de Cuenca siguiendo lo que fue el primer camino carreteril que atravesaba la provincia de Albacete, entrando por la provincia de Cuenca viniendo de la Corte y saliendo por la provincia de Valencia en dirección al Levante.

Las ventas son edificios que se pueden comprender como pertenecientes a la arquitectura popular, por lo cotidiano en su momento, y como se verá, especialmente en la construcción participarán de las características de ésta.

Este tipo de edificaciones están fuertemente vinculadas con el entorno donde se ubican.

Ya se ha acotado el ámbito donde se desarrolla el estudio de estos edificios: la provincia de Albacete y zonas limítrofes, por lo que en este punto se van a definir las características constructivas de las ventas de esta zona, que por la naturaleza de la arquitectura popular coincidirá prácticamente, salvo raras excepciones, con las de los otros edificios populares del entorno, aunque sean de tipologías distintas. Sin embargo es fácil que estas características constructivas sean totalmente distintas a las de las ventas de otras regiones más distantes como Cantabria o Galicia, por ejemplo, donde los condicionantes constructivos o de entorno puedan ser muy diferentes.

Es decir las características constructivas de las ventas estarán condicionadas más por el entorno inmediato que por su función como venta, aunque esta también se reflejará en la construcción.

Así pues seguidamente se pasa a describir, de forma general, los aspectos constructivos de las ventas de la provincia de Albacete.

Los materiales

Los materiales empleados como en cualquier construcción popular de la zona, son los del entorno inmediato.

Los principales elementos estructurales, muros y machones se suelen construir con mampostería con mortero de cal como aglomerante, con adobe o con tapial. En función del terreno que se encuentre en el entorno inmediato se utilizará un tipo de material u otro: si abundara la piedra aparecerá mampostería, pero si lo que abunda es la tierra, y las piedras son escasas, las estructuras se realizarán con adobe o tapial.

Es frecuente que en todas estructuras de adobe y tapial aparezca un arranque en la parte inferior, a modo de zócalo de, como mínimo, un metro de altura, de mampostería.

Este zócalo tiene la misión de proteger a los muros de las humedades que puedan ascender por capilaridad del terreno y también de las salpicaduras que se puedan producir por el agua que caiga de los aleros de los tejados, pues estos edificios no cuentan con canalones que recojan estas aguas.

El resto del paramento del muro hasta el alero se protegerá con morteros de cal principalmente.

La piedra en forma de sillar rara vez aparece, y cuando lo hace lo es con carácter ornamental o en la parte inferior de las jambas de las puertas, a ambos lados, para protegerlas de las rozaduras de los cubos de las ruedas de los carros.

El ladrillo utilizado es macizo, y se emplea poco; se utiliza en la construcción de brencas para regular los muros de mampostería o reforzar los de tapial en

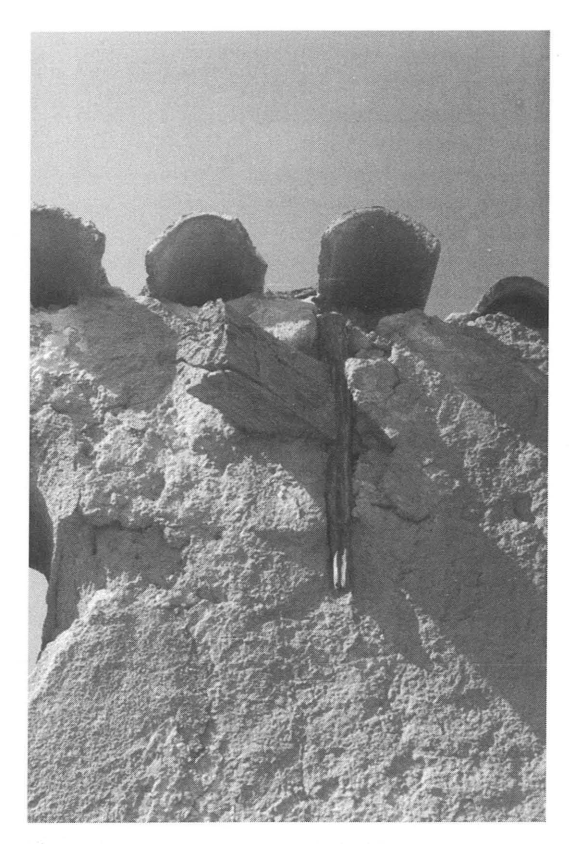


Figura 1
Tiranta aspada

sus esquinas y cruces, aunque, normalmente, en los primeros se utilizan sillarejos para refuerzo y en los segundos grandes mampuestos formando una buena trabazón en la esquina. En la parte occidental de la provincia, se ha visto que para conseguir una buena traba entre muros cruzados de tapial, se utilizan rollizos de madera a modo de llaves o unos mecanismos que más adelante se describen y que se denominan «tirantas aspadas»

También aparecen los ladrillos en los canecillos de coronación de muros para la formación de los aleros, para que se separen más de estos y así conseguir una mejor protección contra la lluvia.

El elemento cerámico más utilizado es la teja en su forma de teja árabe o curva.

Otro material fundamental en la construcción de estas tipologías es la madera, que se emplea en cubiertas, elementos resistentes de forjados, chimeneas, vigas, dinteles, y en las tirantas aspadas ya mencionadas; las cuales consisten en un rollizo de madera que se dispone en el encuentro en ángulo de dos muros de tapial generalmente, ya que éstos, siempre necesitan de un elemento auxiliar para su correcta trabazón. Se coloca a modo de diagonal y traspasa los dos paramentos de los dos muros, formando estos tres elementos en planta, un triángulo rectángulo; por la parte exterior de los dos muros, al rollizo se le atraviesa una cuña de madera a modo de pasador, con lo que la esquina y rincón formado por estos muros permanecerá correctamente unido, evitando así el problema de las estructuras hechas con tapial en las que la unión en esquina es muy débil utilizando únicamente el barro.

En forma de tablas, la madera, también se emplea como elemento auxiliar de la construcción en los encofrados, ya sean de muros para tapias, ya sean de los entrevigados de los forjados.

La unión de la madera con el resto de los materiales no es una unión estable, ya que al ser ésta un material orgánico tiene grandes movimientos producidos por los cambios de humedad y de temperatura, por lo que tiende a despegarse del mortero o de cualquier otro elemento al que se trate de unir. Para evitar este proceso, la solución tradicional que se aplicaba era la de enrollar una cuerda, generalmente de esparto, alrededor de la madera con lo que favorecía la adherencia entre la madera y los distintos materiales.

La madera no es un material abundante en la zona, pero sí necesario para resolver de la manera más sencilla los problemas estructurales de las cubiertas y las distintas plantas. Existen otras formas de solucionar estos problemas estructurales con materiales del entorno por medio de bóvedas o arcos, pero aunque alguna vez se utilizan no es frecuente su uso debido a la complejidad constructiva.

Sistema estructural: elementos portantes, pies derechos o muros. Cimientos. Forjados

El sistema estructural empleado en estas construcciones es el de muros portantes, sustituidos, cuando se hace necesario, por grandes machones donde se apoyan las vigas, que siempre son de madera de grandes escuadrías, y en ocasiones arcos, que suelen ser de directriz rebajada.

Los arcos son unos elementos constructivos que aparecen con más frecuencia en las ventas que en el resto de las edificaciones de carácter popular, ya que se trata de un elemento que para su construcción hace necesario el empleo de elementos auxiliares como la cimbra, lo que complica la ejecución de la construcción frente a la secuencia constructiva directa que supone la colocación de una viga sobre los machones, permitiendo así la ejecución continuada de las obras, que por lo general suelen ser de pequeñas dimensiones.

Frente a esta rapidez constructiva, los arcos permiten alcanzar luces mayores que las vigas, un mejor comportamiento estructural, siempre que estén bien realizados, además de aportar cierta componente estética.

Uno de los temas que, constructivamente, va a caracterizar a las ventas frente a otras tipologías edilicias populares, es la manera que tienen de organizarse los muros portantes.

En cualquier edificación popular, los muros, se organizan en «unidades» constructivas formadas por grupos de tres muros como máximo o lo que es lo mismo en una o dos crujías, respectivamente, pero en las ventas, el bloque constructivo principal suele estar constituido por cuatro muros y por tanto tres crujías, por lo que originará, la existencia de un cuerpo central al que no le llega luz directa del exterior, a la vez que la cumbrera de la cubierta no se podrá situar encima de uno de los muros si, como es el caso habitual por razones compositivas, este elemento constructivo, que suele ser el más alto de la construcción, forme parte de una cubierta constituída por dos vertientes de igual longitud hacia cada lado, lo que implica un incremento de la complejidad funcional por un lado y por otro lado, también se incrementa la complejidad constructiva.

La cimentación, cuando existe, y los forjados se realizan como en cualquier otra construcción rural de la zona, a saber: la cimentación suele ser una zanja corrida de espesor algo superior al muro al que sustentan y que se rellena con mampuestos, en ocasiones, en las construcciones más importantes, unidos con mortero de cal, pero en la mayoría de los casos aparecen sueltos, sin ningún tipo de elemento de unión salvo barro del mismo terreno.

Los forjados son de viguetas de madera que, en forma de rollizos, se empotran en los muros o se apoyan en las vigas, aunque desde el punto de vista estructural siempre trabajarán como forjados apoyados, debido a la dificultad de materializar un empotramiento entre un material orgánico como es la madera sin apenas transformar, como lo está en su forma de rollizo, y el muro. Estos rollizos son los nervios resistentes del forjado.

El entrevigado por su parte inferior o intradós tiene una forma que viene dada por un encofrado de madera de forma abovedada que se puede emplear varias veces. Las pequeñas bóvedas formadas arrancan en los rollizos, por lo que éstos, por la parte inferior del forjado permanecerán vistos.

La parte superior del entrevigado será plana, es el piso, el cual es el apoyo del pavimento, si es que lo hubiera, que en la mayoría de los casos es una fina capa de argamasa, reservando los pavimentos más ricos para las salas nobles o representativas.

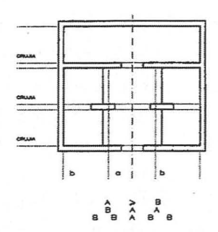
A modo de conclusión se puede concretar que el sistema estructural de las ventas es similar al de cualquier construcción popular de la zona, pero en ellas existen algunos elementos cuya complejidad estructural es mayor, fruto de las características peculiares de estos edificios como es el caso de las cerchas que aunque también pueden encontrarse en otros edificios populares, en las ventas se puede hablar de uso generalizado.

Las cerchas

Es en las ventas donde aparece un elemento constructivo singular en la arquitectura popular a la hora de realizar la estructura soporte de la cubierta.

Si la apariencia exterior de la cubierta es similar a la de cualquier construcción popular de la zona, independientemente de sus dimensiones, la estructura que la sustenta, por el contrario, es el elemento que marca la diferencia con las demás construcciones rurales del entorno inmediato, ya que el cuerpo central del bloque principal, debido a la organización constructiva de los muros en grupos de tres crujías, para poder situar la cumbrera del tejado en el centro de la nave central, se hace necesario recurrir a elementos estructurales más complejos que los rollizos apoyados sobre los muros.

La solución elemental de la arquitectura popular para resolver la cubierta de un cuerpo constructivo de tres crujías es tal y como la describe el profesor Miguel Del Rey Aynat:



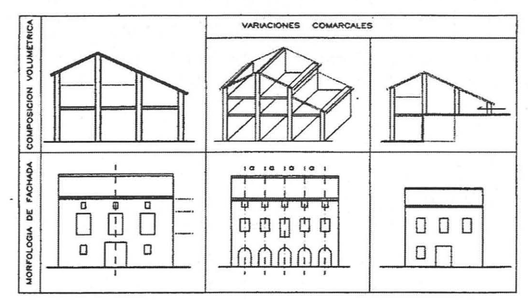


Figura 2
Secciones de cuerpos de tres crujías con faldones asimétricos (Del Rey 1998)

> La habitual solución de levantar la cumbrera en el muro inmediato a la fachada se mantiene y ello afecta sobremanera a la arquitectura de estas casas de tres crujías. El plano posterior de la cubierta tiene un gran recorrido y hace que las alturas de la tercera de las crujías no puedan ser iguales a las dos primeras; ello condiciona la forma y el que este último módulo de construcción tenga una configuración algo inestable en planta alta (Del Rey Aynat 1998, 239).

Pero en las ventas, al situar la cumbrera en centro de vano y por tanto tener los faldones de la cubierta de igual longitud, esta forma constructiva descrita no se utilizará. Se necesitarán ciertos elementos estructurales singulares.

Estos elementos estructurales son las cerchas a las que también se les llaman cuchillos cuando son planos, pero en algunas ventas se llega a recurrir a sistemas estructurales continuos para sostener la cubierta, utilizando, en estos casos, tirantes, generalmente de madera, para evitar que los empujes horizontales de los faldones de cubierta hagan volcar los muros en los que se apoyan o hundir la cubierta.

Así pues, en la provincia de Albacete, en las ventas visitadas se distinguen a grandes rasgos dos tipos de estructura de cubierta en los cuerpos edificatorios que tienen un número impar de crujías, para situar la cumbrera en el centro de la planta, es decir que la cumbrera no coincida con un muro de carga: el primer tipo conforma la estructura de la cubierta mediante la adición de varios elementos independientes, mientras que el segundo es un único elemento indivisible el que constituye la estructura de la cubierta.

1) La primera forma de manifestarse la estructura de cubierta que se ha descrito es mediante la utilización de unos elementos constructivos totalmente independientes en su forma de trabajar, ya que son isostáticos, elementos estables que se construyen antes de ponerse en obra. Y esta puesta en obra consiste en la colocación de estas estructuras elementales encima de muros o machones con el plano que las contiene perpendicular a los que contiene a los muros portantes, como ocurre en Venta la Encina, o también se apoyan en machones como en la Venta del Puerto.

Estos elementos se denominan cerchas o cuchillos, como ya se ha adelantado; y sobre éstas cerchas se apoyan las viguetas que se disponen paralelas a los muros o vigas. Sobre los rollizos que constituyen las viguetas se apoyará el revestimiento de la cubierta.

Este sistema tiene la característica de transmitir puntualmente a los muros los esfuerzos producidos por el peso de la cubierta, de ahí la facilidad de susti-

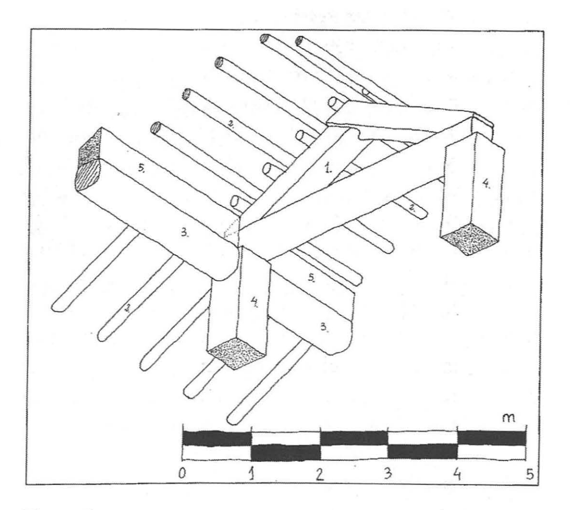


Figura 3
Esquema constructivo de una cubierta con una cercha

tuir los muros por machones, pudiendo lograr así espacios más diáfanos y permeables.

Desde el punto de vista del mantenimiento y conservación, estas cubiertas así soportadas, tienen la desventaja de que al colocarse las viguetas que apoyan en las cerchas en la dirección perpendicular a la de los ríos de las tejas, pueden producirse, debido a los movimientos causados por la deformación de los materiales, retenciones y embalsamientos de agua que, por causa de la naturaleza orgánica de los materiales empleados como lo son el cañizo, los rollizos de madera, etc., suelen acabar en la putrefacción de los mismos que, en la actualidad, son las causas más frecuentes que originan la ruina, en principio de la cubierta, y posteriormente del edificio en su totalidad.

Las cerchas, que se han citado, están constituídas por tres elementos, a saber: dos elementos inclinados a los que se denominan pares y otro horizontal al que se le llama tirante. Los tres elementos unidos configuran un triángulo. Los dos primeros son siempre de madera, bien en forma de rollizos o como perfiles bien escuadrados, mientras que el tirante, aunque también suele ser de madera en la mayoría de los casos, en las cubiertas construídas más recientemente el tirante de madera se sustituye por uno de hierro.

La utilización de estos dos materiales para los dos tipos de elementos que constituyen la cercha tiene como razón de ser la de aprovechar mejor las características mecánicas de estos materiales en función del trabajo que vayan a realizar; ya que mientras que los pares o elementos inclinados trabajan a flexocompresión, puesto que reciben directamente sobre ellos el peso de la cubierta; el tirante trabaja a tracción sujetando a los pares para que éstos no se abran. El acero en secciones solicitadas a tracción permite dimensiones muy pequeñas, de ahí su utilización. El uso de tirantes de acero da más ligereza a los espacios cubiertos con cerchas, aunque no se evita la compartimentación parcial del espacio que se produce en la parte superior del habitáculo.

En estos cuchillos rara vez se utiliza pendolón y, cuando aparece, lo es en cerchas de construcción muy reciente, o en el caso de que aparezca en cerchas antiguas lo hacen a posteriori, a modo de refuerzo, pero este «refuerzo» suele resultar, en la mayoría de los casos contraproducente ya que, desde el punto de vista estructural, este elemento se suele colocar de forma incorrecta, puesto que para su adecuado funcionamiento, el pendolón nunca deberá apoyar en el tirante por ser perjudicial para la estabilidad de la cercha, pues introduce un esfuerzo de flexión en el tirante que ya estaba sometido a tracción, por su forma de trabajo natural antes descrita, y en la mayoría de las ocasiones es así como se introduce este elemento, siempre como un elemento añadido, con la intención de reforzar la construcción aunque el efecto conseguido sea precisamente el contrario, siendo este pendolón la causa de la ruina de muchas cubiertas.

2) El segundo tipo de estructura de cubierta que se va a definir, lo que ya se ha denominado como sistema estructural continuo, es una solución estructural más complicada por lo que se supone más moderna.

Se trata de construir la estructura de la cubierta apoyando directamente en los muros o vigas, a su vez sustentadas por machones, sin ningún elemento estructural intermedio e independiente, como en el caso anterior eran las cerchas, que transmiten las cargas a los elementos sustentantes.

Aprovechando la distribución de esfuerzos que se produce, los rollizos de madera que se disponen inclinados, conformando la cubierta y que están sometidos a flexo compresión transmiten los esfuerzos por su parte inferior al muro o viga que lo sustenta, y por el superior a una correa que recorre y da forma a la cumbrera que a su vez está sujetada por otro rollizo que, dispuesto de manera análoga y simétrica respec-

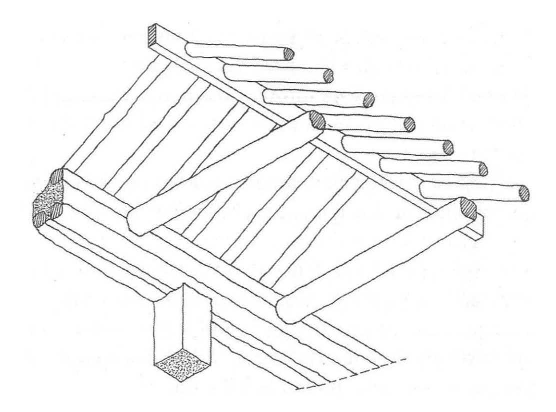


Figura 4
Esquema constructivo tridimensional de estructura de cubierta con cumbrera en centro de vano

to de la correa y del rollizo anteriormente descrito, está presionando en la misma dirección, en sentido contrario y con la misma intensidad puesto que tienen las mismas cargas, ya que poseen las mismas dimensiones aproximadamente, por lo cual se contrarrestan.

Por último, aunque en la secuencia constructiva del elemento resistente de cubierta, sería lo primero, para evitar que por causa de la componente horizontal del esfuerzo que transmiten los rollizos inclinados los muros se abran por su parte superior y vuelquen o se desmoronen provocando la ruina de la cubierta, se disponen unos tirantes, por lo general, como en el tipo anterior, de madera, empotrados en los muros o vigas que evitan dicho movimiento tan perjudicial para la estabilidad de los muros.

Estos tirantes, en las estructuras observadas, se suelen disponer a distancias de entre cinco y seis rollizos de madera, o pares, que a su vez están separados entre sí unos cuarenta o cincuenta centímetros, luz habitual en estos tipos de forjados.

Este tipo de estructuras se encuentran en la Venta del Lobo o en Ventalhama.

El deterioro de este modelo estructural, cuando cede la cumbrera, lleva asociado el «remiendo constructivo» de colocar un elemento vertical que, apoyado en el tirante, sostenga el elemento que hace de cumbrera, recordando a un pendolón de una cercha, pero que no funcionará como tal, puesto que éste elemento sí que apoya en el tirante, hecho que un pendolón nunca hará.

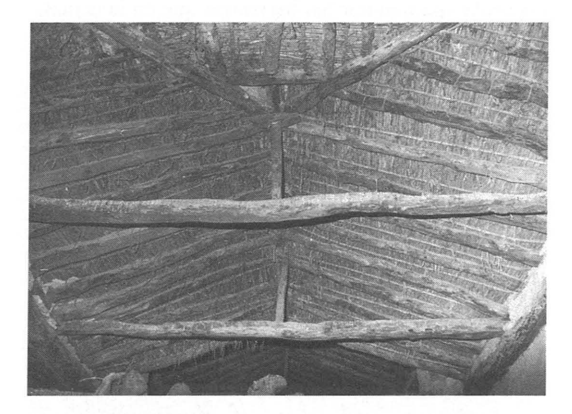


Figura 5
Fotografía de falso pendolón en Ventalhama. Detalle interior de cubierta

Así pues, esta solución lejos de beneficiar el elemento estructural lo puede perjudicar ya que introduce otros esfuerzos al tirante para los que, en principio, no estaba diseñado.

Cubiertas

Al igual que en el resto de la arquitectura popular de la zona, no son frecuentes la existencia de cubiertas planas.

Se puede afirmar que, prácticamente al cien por cien, las cubiertas de las ventas son inclinadas.

Las cubiertas que aparecen en las ventas visitadas son a una, a dos o a cuatro aguas, estas últimas, sólo en las más ricas, ya que se complica y por tanto se encarece la estructura.

Las pendientes de la cubierta, como en cualquier otro edificio popular de la zona, están comprendidas entre el 25 y el 40%; pendiente suficiente para desalojar el agua lo más rápidamente posible y que no duerma en los faldones de la cubierta, ya que el régimen pluviométrico de la zona, de fuerte carácter mediterráneo suele ser de lluvias escasas y cuando lo hace ocurre con torrencialidad, por lo que esas pendientes serán suficientes para el correcto funcionamiento de las mismas.

Para analizar las cubiertas, este elemento constructivo se ha dividido en dos partes bien diferenciadas, tanto en su función, como en sus materiales. Estas dos partes son el revestimiento por un lado y la estructura que lo sustenta, ya analizada, por otro.

El revestimiento es el común a todos los edificios populares de la zona, es decir teja árabe asentada en tortadas de barro sobre faldones de cañizo por norma general, apoyando en los elementos estructurales de la cubierta formada por los rollizos de madera.

En la zona noroccidental de la provincia, en ocasiones, este cañizo es sustituido por tablas, ladrillos, y, hasta por sarmientos, aunque éstos siempre con carácter de provisionalidad, aunque han acabado quedándose más tiempo del inicialmente previsto.

Chimeneas

En las ventas más importantes y por tanto las de mayores dimensiones, las chimeneas son exentas y para la construcción de éstas, debido a su gran tamaño, se

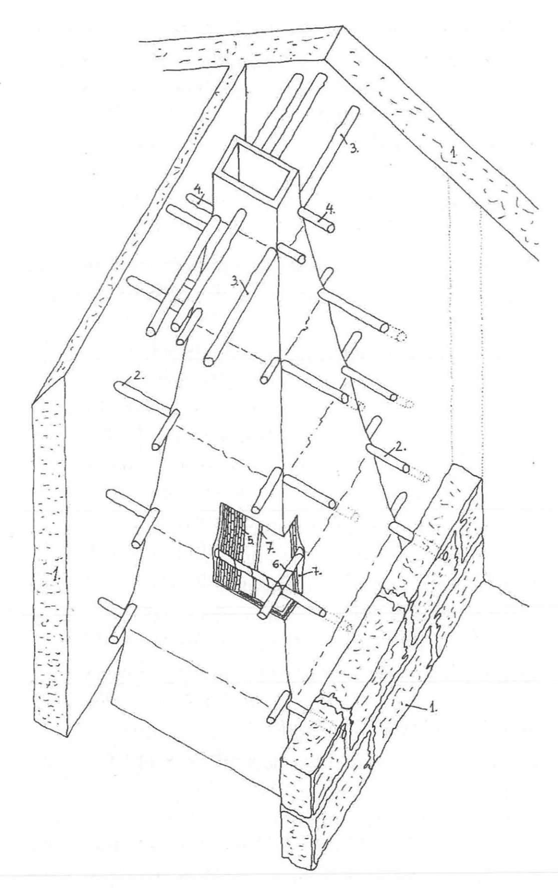


Figura 6
Volumen/sección de la chimenea de la Venta del Puerto

hace necesario todo un entramado estructural de madera que se sustenta generalmente en uno, dos o tres muros según sea el tamaño y la situación de la chimenea respecto de los mismos.

Este entramado estructural se reviste en su parte interior, que es la que permanecerá vista desde las estancias nobles de la venta, con un cañizo formado de cañas o medias cañas, que se ata con cuerdas entre sí y al entramado. Estas cuerdas suelen ser en esta zona, por norma general, de esparto, vegetal muy abundante en la zona.

El cañizo constituye la base que recibe el enfoscado de mortero de cal o de yeso, dando éste el aspecto superficial final de la chimenea en su interior, a la vez que se consigue una compacidad total de este paramento con el fin de que el humo salga únicamente a través del orificio de la chimenea, y no por otros orificios que inundarían las plantas superiores del edificio de humo.

La terminación de este paramento, como el de cualquiera de la arquitectura popular será a base del enjalbegado de cal, que por el contacto constante con el humo de la hoguera estará siempre negro en su parte superior; ya que aunque la parte baja de la campana de la chimenea se encalará habitualmente cuando se encale el resto de la casa, la parte superior nunca se encalará.

ACABADOS, REVESTIMIENTOS Y PAVIMENTOS

En cuanto al pavimento, por norma general, se emplean los mismos materiales que en cualquier construcción rural de la zona, a saber: pavimentos de ladrillo macizo o de argamasa, o lo que es lo mismo, mortero de cal; pero debido al carácter representativo de las ventas, y en especial de alguna de sus estancias, también existían otros pavimentos más ricos como el de losas de piedra de arenisca pulidas o el de cantos rodados para los patios, formando dibujos con los distintos tamaños de las piedras tal y como aparecen en la Venta de Peñacárcel o sin formarlos como en Venta Alhama, ambas cercanas a Chinchilla. Estos pavimentos en los patios o zaguanes no tenían un mero carácter ornamental, de ostentación de riqueza y de obra bien acabada, sino que eran una verdadera necesidad para evitar los barrizales que en la actuali-

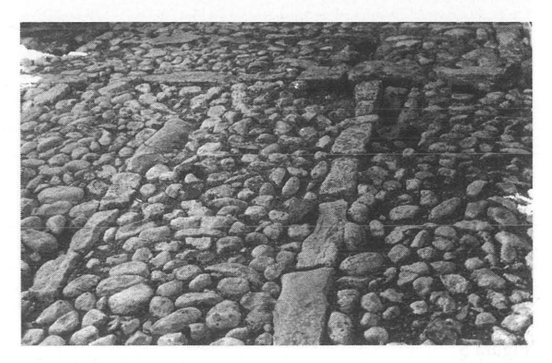


Figura 7
Pavimento de la Venta de Peñacarcel

dad se producen ya que parte de este pavimento ha desaparecido, pudiendo comprobar su utilidad.

Por último es muy importante, como acabado superficial de los paramentos tanto interiores como exteriores de las paredes, la utilización de la cal viva para el enjalbegado o encalado de éstos, dándole la textura y luz típica de cualquier vivienda rural tradicional de la zona, pero además, este enjalbegado tenía la importantísima misión de proteger a los muros de agresiones meteorológicas o mecánicas externas, especialmente en los muros de tapial o de adobe, que sin esta protección se disolverían.

Conclusión

A modo de conclusión se constata que la construcción no es un parámetro fundamental en la caracterización de las ventas como una tipología arquitectónica singular.

Se definen los rasgos característicos y particulares de las ventas, relativos a su construcción, aunque no sean determinantes en la concreción del tipo.

El tipo de construcción que se desarrolla en las ventas estudiadas, nos sirve para situar a estas arquitecturas dentro de lo que se ha venido denominando tradicionalmente como arquitectura popular, tanto en cuanto a los materiales como a las técnicas constructivas empleadas, aunque existan, como se ha visto, ciertos detalles constructivos que sean característicos, casi en exclusividad, de las ventas, bien por su repetición en este tipo de edificios, o bien por sus dimensiones estructurales no habituales en otro tipo de edificaciones de carácter popular.

Así pues, a las ventas constructivamente se las podría definir como edificios plenamente integrados dentro de la arquitectura popular, aunque presenten ciertas singularidades constructivas, especialmente en las ventas de Camino Real, que no son exclusivas de ellas, pero que se repiten con cierta frecuencia en este tipo de edificaciones.

Constructivamente es de destacar la existencia en estos edificios de cuerpos constructivos que se realizan con tres crujías.

El motivo de la utilización de estas formas constructivas de tres crujías que, como ya se ha dicho, son una de las técnicas de construcción que no son exclusivas de este tipo de edificios, pero que repitiéndose con cierta frecuencia, no responden a una motivación estrictamente dependiente de la función hospedera, puesto que esta función se puede desarrollar con cuerpos constructivos de una, dos o tres crujías, por lo que los motivos de la utilización de estas soluciones habrá que buscarlos en otros aspectos, como el simbólico o el representativo.

Independientemente del motivo que origine su utilización, el hecho es que el empleo de las tres crujías en el cuerpo constructivo, que suele ser el principal o representativo de la venta, es una técnica constructiva que aparece con frecuencia en estos edificios y que va a condicionar la presencia de otros elementos constructivos como las cerchas o cuchillos o lo que se ha definido como estructuras tridimensionales de cubierta con las que se consiguen que la cumbrera del edificio se sitúe en el centro del vano central (cumbrera sin muro), pudiendo así solucionar la cubierta del edificio con faldones simétricos de la misma dimensión a ambos lados de la cumbrera, obteniendo las cubiertas a cuatro aguas características de las imágenes de las ventas.

Esta solución de la cumbrera centrada y cubierta a cuatro aguas no es exclusiva de las ventas, y tampoco está motivada directamente por el uso hospedero, incluso existen formas constructivas más sencillas para resolver correctamente la cubierta desde el punto de vista funcional, como elemento de cerramiento cenital encargado de proteger al edificio principalmente de los agentes atmosféricos como la lluvia, solución constructiva que también se da en algunas ventas, pero en este caso la cubierta quedaría con faldones asimétricos, hecho que rompería con la imagen de regularidad y orden que las ventas, especialmente las de Camino Real, transmiten.

Otros elementos constructivos que son singulares en las ventas son las grandes campanas de las chimeneas.

Como en los anteriores elementos y/o técnicas constructivas, no son exclusivas de las ventas, pero lo que las hace singulares es su gran dimensión, a la que, como en el caso de las anteriores, también se les puede buscar explicaciones simbólicas y/o representativas. Pero a diferencia de ellas, esta gran dimensión sí que es resultado directo de la función ya que en el ámbito espacial que cierra esta campana es donde se reunían los clientes de la venta, y cuanto más grande fuera, más clientes cabrían. De ahí su gran tamaño y su ubicación centrada en dicho ámbito espacial para poder cerrar un círculo de personas alrede-

dor del fuego, situado en el centro, que fuera aprovechado por el máximo número posible de clientes del establecimiento. Si la campana, y por tanto el fuego, se ubicara junto a una pared se estaría desperdiciando un lado y por tanto menos clientes se podrían situar alrededor de él.

Por último, existen ciertos elementos estructurales singulares que aparecen en determinadas ventas, como arcos de luces no comunes en la arquitectura popular, por su gran dimensión, bóvedas de crucería, como techos de la planta baja fundamentalmente, o las estructuras de cubierta con cumbrera centrada a las que antes nos hemos referido que, como todos los aspectos constructivos hasta ahora comentados, tampoco son exclusivos de las ventas, pero lo que nos indican es la existencia de cierta cultura constructiva en la realización de estos edificios. Así pues, las ventas, especialmente las de Camino Real, manifiestan cierta cultura constructiva en su realización.

La existencia de esta cultura constructiva no quiere decir que obedezcan a la concreción de un proyecto preestablecido, aunque, dada la regularidad de las formas construidas de algunas, puedan responder a ello, sino que en la factura de estas construcciones, al menos existe un conocimiento de las técnicas constructivas suficiente para realizar soluciones más elaboradas que las puramente intuitivas que aparecen habitualmente en las arquitecturas de carácter popular.

Los materiales empleados y las técnicas constructivas en la gran mayoría de los edificios visitados, por no decir que en todos, son uno de los parámetros que introducen de lleno a las ventas dentro de lo popular: son los materiales y técnicas empleadas en las construcciones populares del entorno donde se ubican, por lo que la imagen de las formas que se generan es similar a ellas.

No suelen aparecer materiales distintos a los populares de la zona, ni sillares, ni chapados ni otros materiales que manifiesten cierta riqueza o que las puedan relacionar con una arquitectura opulenta y/u ostentosa.

Sus acabados exteriores son de cubiertas de teja curva, huecos verticales y enjabelgado de cal en los paramentos verticales: la imagen tradicional de la arquitectura popular de la zona.

Lista de referencias

Berchez, J y V. Corell. 1981. *Catálogo de Diseños de Arquitectura de la Real Academia de B.B.A.A. de San Carlos de Valencia 1768–1846*. Valencia: Colegio de arquitectos de Valencia y Murcia.

Del Rey Aynat, Miguel. 1998. *Arquitectura Rural Valenciana. Tipos de casas y análisis de su arquitectura*. Valencia: Generalitat Valenciana. Conselleria de Cultura, Educació i Ciencia. Direcció General de Patrimoni Artístic.

Feduchi, Luis. 1976. *Itinerarios de la arquitectura popular. Vol. nº 5: La Mancha, del Guadiana al mar*. Barcelona: Blume S.A.

Flores López, Carlos. 1973. *Arquitectura popular española. Vol. III*. Madrid: Aguilar.

Ford, Richard. [1825] 1982. *Manual para viajeros por España y lectores en casa*. Madrid: Ediciones Turner.

Ford, Richard. [1825] 1988. *Las cosas de España*. Madrid: Ediciones Turner.

García Mercadal, Fernando. [1933] 1981. *La casa popular en España*. Barcelona: Gustavo Gili S.A.

García Sáez, Joaquín. 1988. *La Edificación Rural en el Término Municipal de Almansa*. Albacete: Instituto de Estudios Albacetenses.

Laborde, Alejandro. [1826] 1998. *Itinerario descriptivo de las provincias de España. Su situación geográfica, población, historia civil y natural, agricultura, comercio, industria, hombres célebres, y carácter y costumbres de sus habitantes*. Valencia: Librerías «París-Valencia S.L»

Maldonado Ramos, Luis y F. Vela Cossío. 1998. «Ventas y paradores segovianos en el camino real de Bayona. Estudio comparado de los sistemas constructivos de la arquitectura popular». *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción. A Coruña*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

La arquitectura popular excavada: técnicas constructivas y mecanismos bioclimáticos (el caso de las casas-cueva del valle del Tajuña en Madrid)

Ignacio Javier Gil Crespo
María del Mar Barbero Barrera
Luis Maldonado Ramos
Javier de Cárdenas y Chávarri

La arquitectura subterránea o excavada —viviendas subterráneas, casas-cueva, silos de quintería, silos de cereal, bodegas, pozos de la nieve— constituye uno de los tipos más extendidos de la arquitectura popular española. Los factores naturales exigen una adaptación de las construcciones al medio, no sólo en cuanto a los condicionantes climáticos se refiere sino incluso en la utilización de materiales constructivos y en las técnicas empleadas, que dependen de la disponibilidad en el entorno de aquéllos y de la capacidad de los usuarios-constructores para trabajarlos. Lo riguroso del clima, en cuanto a las oscilaciones térmicas se refiere —tanto diarias como anuales—, denotan la importancia que la inercia térmica va a tener en el acondicionamiento de las construcciones, siendo la arquitectura subterránea su máximo exponente. Esta comunicación expone y resume la investigación sobre los mecanismos bioclimáticos de las arquitecturas populares españolas (y, en concreto, sobre la arquitectura subterránea) que la Fundación Diego de Sagredo está desarrollando.[1]

Este estudio tiene por objetivo ofrecer un análisis sistemático de la arquitectura popular excavada en el valle del Bajo Tajuña y alrededores a nivel tipológico y constructivo, valorando los mecanismos bioclimáticos de las cuevas para demostrar su eficiencia energética y su grado de acondicionamiento frente al medio exterior. Por otra parte, es necesario elaborar un inventario de las cuevas existentes para evaluar el estado de uso y conservación de esta arquitectura que permita plantear futuras actuaciones, de conservación o de puesta en uso de este patrimonio vernáculo.

La investigación está siguiendo un proceso metodológico basado en la combinación de la recopilación y estudio de las fuentes documentales con el inventariado y toma de información gráfica sobre las cuevas. Se cuenta con la información de los propios habitantes, ayuntamientos, cartografía comarcal, catastral o de sistemas de información geográfica en los que se pueda comparar vuelos fotogramétricos de distintas fechas (desde 1946 hasta la actualidad) para comparar el estado de uso y paulatina desaparición de las cuevas como viviendas desde mediados del siglo XX.

Sin embargo, la parte más importante de la investigación se está realizando *in situ*, en el contacto directo de los edificios mediante un trabajo de campo organizado. Primero se han localizado los barrios cueveros dentro de cada localidad para realizar un levantamiento gráfico apoyado de reportajes fotográficos. Cada una de las cuevas queda documentada mediante fichas organizadas. Del material acumulado se lleva a cabo un análisis pormenorizado de las características constructivas y tipológicas, así como del comportamiento bioclimático.

Estado documental: los estudios sobre las cuevas del territorio madrileño

A pesar de la cercanía a la ciudad de Madrid, los asentamientos cueveros en el Bajo Tajuña no han sido estudiados como sería de esperar. Existen numerosas publicaciones y estudios sobre la arquitectura

subterránea en general y por estudios locales en otras comarcas españolas. Sin embargo, las cuevas madrileñas como arquitectura popular han pasado casi desapercibidas. Por su parte, los compendios clásicos de arquitectura popular recogen algunos ejemplos, si bien tratan este tipo arquitectónico de una manera, en algunos casos, superficial.[2]

Entre los diversos artículos que escribió Gonzalo de Cárdenas y Rodríguez en la revista *Reconstrucción* sobre la arquitectura popular española hay uno dedicado a las cuevas, siendo el primero en estudiarlas de una manera monográfica acompañando el artículo con diversas plantas y secciones levantadas por él (Cárdenas y Rodríguez 1941, 30–36).[3] La importancia de este artículo, que no ha sido citado hasta ahora en ninguno de los estudios contemplados, radica en que se escribe en un momento en que se había producido un resurgimiento del tipo —«tipo de vivienda actual, que no solamente ha subsistido, sino que se sigue construyendo en nuestros días»— por las circunstancias socioeconómicas de la posguerra española. El autor documenta varias cuevas para ilustrar el artículo, y entre ellas se encuentra sencilla vivienda de bracero en Titulcia (Madrid). Gonzalo de Cárdenas nos insta a «volver los ojos hacia esas viviendas que constituyen uno de los exponentes más característicos de nuestra arquitectura popular» frente al tratamiento marginal que ha sufrido por parte de estudiosos, arquitectos y administraciones.

En 1947, Demetrio Ramos realiza un exhaustivo estudio sobre la geografía del Bajo Tajuña, dedicando una especial atención a las cuevas. Tras describir y analizar el medio físico y geográfico del bajo Tajuña, pasa a estudiar la geografía humana de sus habitantes, dedicando una importante extensión a la vivienda y, en concreto, a la cueva habitada. Este estudio es de especial importancia, ya que contabiliza y sitúa las cuevas en sus barrios en el momento de su mayor apogeo. Además, realiza un análisis formal y constructivo de las cuevas estableciendo unos tipos de denominación propia.

Heredero del anterior y con los datos actualizados es el estudio de Mª Dolores Sandoval León y Luisa Bartolomé Tejedor (1991), con el que pretendían «mostrar la situación precaria y crítica del hábitat en cuevas en la ribera del Tajuña, así como ofrecer un material actualizado y de primera mano que contribuya a un mayor conocimiento de este tipo de viviendas». Este artículo tiene gran importancia porque, además de tratar someramente los aspectos tipológicos y constructivos, ofrece datos recogidos *in situ* por medio de entrevistas en los ayuntamientos y con los habitantes de las cuevas. Sin embargo, el artículo sólo atiende a los pueblos regados directamente por el Tajuña: Carabaña, Morata de Tajuña, Perales de Tajuña, Tielmes y Titulcia, además de Fuentidueña de Tajo. No contempla, por tanto, los pueblos de Valdearacete, Valdelaguna, Chinchón, Valdilecha, Brea de Tajo, Estremera, Villamanrique de Tajo o Ciempozuelos en los que también se ha desarrollado la arquitectura excavada.

En el libro *Arquitectura construida con tierra en la Comunidad de Madrid* se documentan una vivienda con bodega subterránea en Valdelaguna y cuatro viviendas enterradas en Morata de Tajuña (Maldonado Ramos 1999, 73–82 y 101–109).

En la vasta obra *Arquitectura y desarrollo urbano. Comunidad de Madrid* (VVAA 2004) no están incluidos todos los municipios de la Comunidad de Madrid, pero a los efectos de la presente comunicación es una fuente muy interesante porque se estudia el desarrollo urbano a lo largo de la historia y las arquitecturas singulares de Ciempozuelos, Chinchón, Morata de Tajuña, Perales de Tajuña, Tielmes, Titulcia, Valdelaguna y Villamanrique de Tajo, desarrollando el tipo de vivienda-cueva en cada uno de ellos. Así mismo, la importancia de esta obra radica en la extensa bibliografía que maneja.

En la reciente publicación de Rodríguez Ariza (2008, 102–108) se atiende superficialmente al fenómeno cuevero madrileño, citando apenas algunos de los municipios donde se conservan.

En este contexto, recogemos el testigo con la intención de realizar un análisis crítico de los estudios realizados hasta la actualidad sobre la arquitectura popular excavada en la Comunidad de Madrid completando las lagunas que en su conocimiento tipológico, constructivo y de funcionamiento bioclimático aún quedan. Precisamente este último aspecto es el que nos parece más relevante, ya que permite enlazar la tradición perdida con la modernidad arquitectónica. En diciembre de 2008 se presentó en el Primer Congreso «Medio Ambiente Construido y Desarrollo Sustentable» celebrado en La Habana (Cuba) la comunicación «Sostenibilidad y mecanismos bioclimáticos de la arquitectura vernácula española: el caso de las construcciones subterráneas» (Cárdenas y Chávarri, Maldonado Ramos, Barbero Barrera y Gil Crespo 2008), parte de la cual se reproduce aquí. En esta comunicación se ofreció una visión general sobre el fenómeno de la arqui-

tectura excavada en España, relacionando su ubicación con los condicionantes del suelo y del clima.[4]

EL MEDIO NATURAL: EL SURESTE MADRILEÑO

Los casos de arquitectura subterránea en la comunidad de Madrid se han desarrollado únicamente en el área suroriental de la región, alrededor del valle del río Tajuña. La delimitación del área de estudio comprende además de las localidades madrileñas regadas por dicho río (Carabaña, Tielmes, Perales de Tajuña, Morata de Tajuña y Titulcia) los pueblos de Valdilecha, Valdelaguna, Chinchón, Valdearacete, Brea de Tajo, Estremera, Fuentidueña de Tajo y Villamanrique de Tajo, si bien estos tres últimos se encuentran en la cuenca del Tajo, además de Ciempozuelos, en la vega del Jarama.

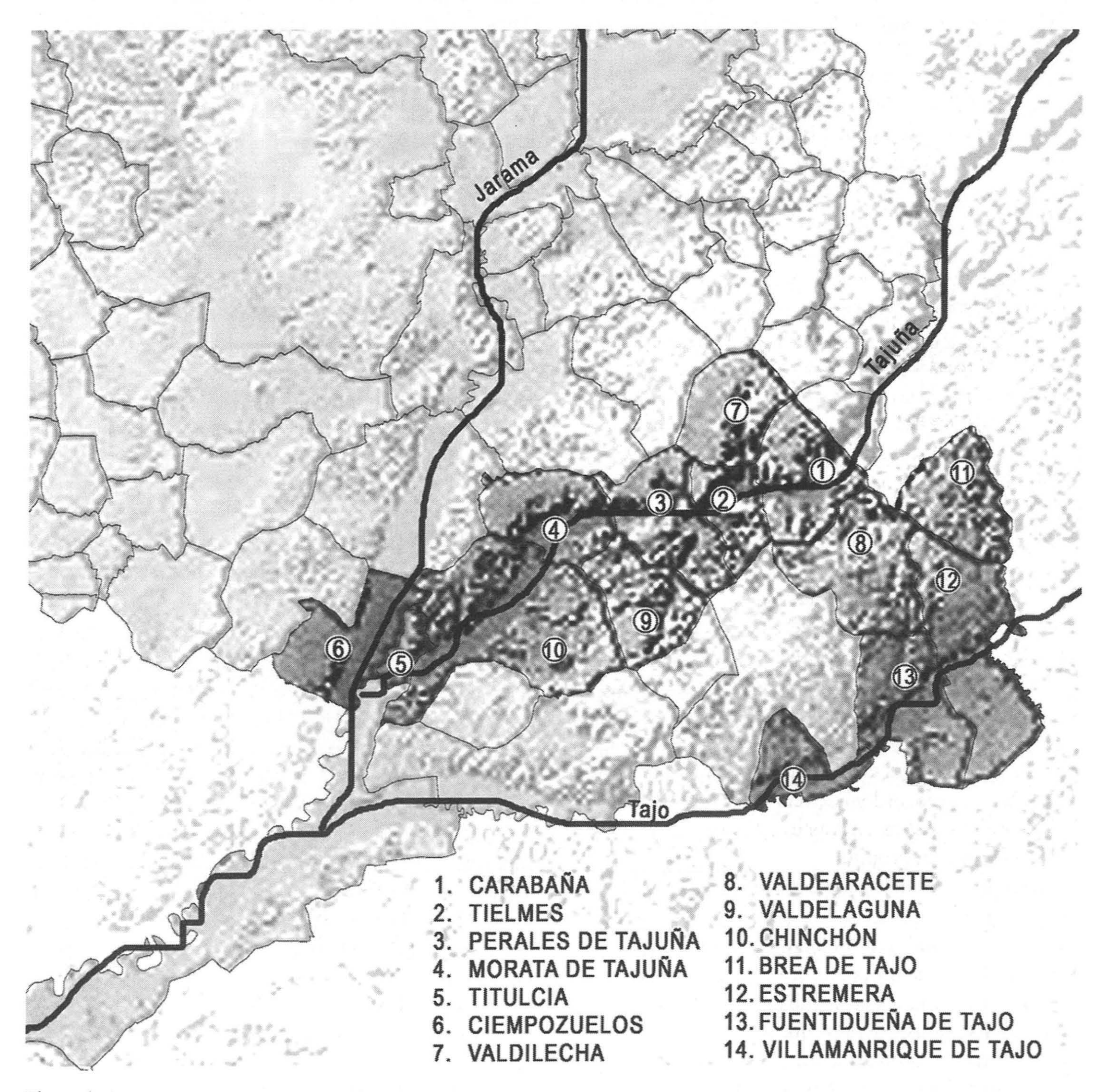


Figura 1
Delimitación del ámbito de estudio

El río Tajuña, que nace en los páramos alcarreños (Guadalajara), recorre 225 km hasta desembocar en el Jarama a los pies del Cerrón de Titulcia, habiendo recorrido sus últimos 56 km por la Comunidad de Madrid. En su discurrir, y a pesar de su parco curso de agua, ha abierto una angosta vega por un escarpado valle a medida que ha horadado los páramos o mesetas circundantes. Esta zona se encuentra dentro de la unidad paisajística de los páramos y cerros del sureste. Es «un relieve de planos horizontales escalonados, separados por escarpes cortos, pero a veces pronunciados, que son la consecuencia del afloramiento de hiladas horizontales de rocas resistentes calcáreo-yesíferas» (Equipo de trabajo del Departamento de Geografía de la UAM 1992, 14). Estos páramos limitan al norte por el Henares y al sur por el Tajo, quedando divididos por el Tajuña. Hacia el oeste, y debido a la erosión de la red hidrográfica, se van degradando en mesas, cerros y llanuras residuales. «Topográficamente se diferencian los páramos culminantes de Campo Real, Villarejo de Salvanés o Colmenar de Oreja, situados entre los 900–750 m de altitud, y los valles del Tajuña y Tajo, de fondos planos y laderas de cortados verticales (Perales de Tajuña, Arganda, Aranjuez), lugares de asentamientos prehistóricos y cuevas trogloditas» (Fernández García 2008, 47–67).

Se trata de una antigua superficie de estratos calizos y yesíferos del Mioceno con escarpes de yesos y margas yesíferas del Terciario reelaborada por procesos cársticos y fluviales. En el lecho del río hay depósitos de arenas del Cuaternario. Estos potentes escarpes de formación yesífera del Terciario Inferior limitan los valles del Jarama y Tajuña, así como de los arroyos y ríos afluentes, y en algunas zonas alcanzan desniveles de 80–100 metros, llegando hasta los 150 m de profundidad (Equipo de trabajo del Departamento de Geografía de la UAM 1992, 14).

La altura media de la Meseta Central, el freno que supone la cordillera central a las invasiones de aires fríos del N-NO y la red hidrográfica, que aporta humedad y canaliza los vientos (principalmente la cuenca del Tajo), son los factores geográficos que influyen sobre el clima local del territorio madrileño (Navajas 1983, 73–81). En concreto, estas comarcas del sureste están afectas por un clima mediterráneo continentalizado, es decir, que se produce una importante oscilación térmica tanto diaria como anual: los veranos son secos y calurosos y los inviernos fríos. La temperatura media máxima se produce en julio (23,7º C), con máximos que rondan los 40º C diurnos y con saltos térmicos diarios medios de entre 15 y 18º C, ya que las temperaturas nocturnas son más frescas: del orden de 18–20º C. Por el contrario, la temperatura media mínima se da en diciembre y enero (5,5º C) registrándose heladas entre octubre y principios de junio. La oscilación máxima anual puede superar en alguna ocasión los 40º C. Estas comarcas son las que registran los mínimos de precipitaciones dentro del ámbito de la Comunidad.[5] Las precipitaciones se producen entre octubre y marzo y dependen en gran medida de la componente de los vientos. No obstante, predomina un tiempo estable el 60% del año (Equipo de trabajo del Departamento de Geografía de la UAM 1992, 16–25). La humedad relativa también sufre importantes oscilaciones tanto diarias como anuales y varía entre el 30 y el 80%. Sin embargo, y debido al encajonamiento del valle del Tajuña, se produce un clima local por la mayor presencia de humedad (por la vegetación y el río) y la acumulación de aire frío por vientos catabáticos (Fariña Tojo 1998, 125). Hay, por lo tanto, mayor probabilidad de nieblas por estas dos condiciones (humedad y bajas temperaturas). Los vientos dominantes son los del suroeste —canalizados por las cuencas de los ríos— y norte, de los cuales el valle queda protegido.[6]

Desarrollo histórico de la casa-cueva madrileña

La utilización de cuevas excavadas artificialmente como vivienda de los grupos humanos se remonta a la antigüedad. En efecto, el Valle del Tajuña madrileño es rico en vestigios de cuevas prehistóricas excavadas en los escarpes yesíferos, siendo las más conocidas aquéllas del Risco de las Cuevas en el término municipal de Perales de Tajuña.[7] Este hábitat fue sucesivamente adoptado por los pueblos colonizadores (visigodosy musulmanes).[8] Fue en la Edad Media, tras la reconquista de Toledo por parte de Alfonso VI, cuando se emprende la repoblación de los territorios entre la Cordillera Central y el río Tajo durante la primera mitad del siglo XII (1118–1157), y se hizo efectiva con gentes provenientes de Segovia, así como moriscos que permanecieron y se asentaron en casas-cueva en los arrabales de los pueblos, recogiendo y asumiendo de nuevo una tradición constructiva local que había permanecido vigente desde la

época prerromana.[9] Es en este momento cuando se van estableciendo los actuales tejidos urbanos y definiéndose los barrios de las cuevas.

La edad de oro de la casa-cueva española se desarrolla desde el siglo XVIII hasta mediados del XX (Seijo Alonso 1973, 71–76). Por los datos estadísticos del *Diccionario* de Madoz (1848) sabemos que Carabaña tenía a mediados del siglo XIX «unas 300 casas y 60 cuevas o bóveda de tierra», Fuentidueña de Tajo «85 casas y 45 cuevas habitables», Morata de Tajuña «unas 400 casas de dos pisos en lo general y de mediana construcción, 150 cuebas (*sic*)», Tielmes «112 casas, con 20 cuevas, en las que habitan otros tantos vecinos» y Valdearacete «280 casas, de inferior construcción en su mayor parte, y 45 cuevas». Así mismo, Chinchón contaba con «984 casas casi todas de dos pisos y entre ellas bastantes muy capaces, de buena habitación alta y baja, grandes lagares con embaldosados de tierra, vigas, extensas bodegas y cuevas subterráneas, para la conservación de vinos».

Este número creció considerablemente, ya que después de la Guerra Civil Española, numerosas familias hubieron de retomar la cueva como vivienda ante la imposibilidad de reconstruir sus casas arrasadas durante la contienda. Así, Demetrio Ramos (1947, 130–131) menciona hasta 120 cuevas en Carabaña, 235 en Tielmes, 93 en Perales de Tajuña, 149 en Morata de Tajuña y 71 en Titulcia. Es precisamente esta época la de mayor y último esplendor del desarrollo de la cueva excavada como vivienda. Durante la Guerra, el valle del Tajuña se encontró en el frente de batalla y sufrió una gran destrucción del patrimonio edilicio, principalmente entre Perales y Titulcia. En la posguerra, quienes habían perdido su casa así como la nueva mano de obra que acudió a las nuevas fábricas y campañas agrícolas se establecieron en la vivienda más barata posible (al no necesitarse ningún material para su construcción más que el propio suelo) y de más ruda y sencilla construcción: la cueva.

El abandono de la casa-cueva se ha producido en paralelo al abandono de la arquitectura popular española en su conjunto y se ha debido al cambio en los modelos sociales y económicos de los grupos que la habitaban a partir de la segunda mitad del siglo XX, cambio potenciado por la mecanización del trabajo agrícola y la emigración a los grandes centros urbanos. «La clásica emigración de las zonas agrícolas de no alto rendimiento se ve agravada en los pueblos de la provincia de Madrid por la proximidad de la capital ... La incorporación de mejoras en la explotación aumenta, en cierta medida, la productividad, pero fue en detrimento de la mano de obra agrícola» (Navajas 1983, 259). Precisamente, esta mano de obra agrícola era la que en mayor número habitaba las casas cueva, por lo que fueron las primeras viviendas en ser abandonadas. La arquitectura subterránea se ha visto denigrada en un grado mayor ya que «razones de prestigio social han hecho que en la actualidad la inmensa mayoría estén abandonadas y amenazando ruina» (Navajas 1983, 173). En contraste con las cifras de Madoz (1848) y Ramos (1947), Mª Dolores Sandoval y Luisa Bartolomé censaron, en 1991, 42 cuevas en Tielmes, 30 en Perales, 40 en Morata, 44 en Titulcia, desconociendo el dato de Carabaña (Sandoval y Bartolomé 1991, 310).

Los barrios cueveros

Las poblaciones de la comarca objeto del presente estudio son compactas, en las que no hay apenas edificaciones dispersas,[10] y se apiñan en laderas y cerros orientados a mediodía, así como en el borde de los páramos (en «balcón»), evitando edificar en el lecho horizontal del valle con el fin de obtener el máximo rendimiento y aprovechamiento agrícola. Cuando el valle es profundo, son núcleos alargados fruto de este asentamiento a media ladera. Las calles paralelas al río son horizontales y largas ya que siguen la curva de nivel. Por el contrario, las calles transversales, más cortas, siguen la pendiente de la ladera y aprovechan las vaguadas. Por el contrario, al abrirse el valle, las poblaciones han desarrollado una trama urbana que adquiere un carácter central; el pueblo se desarrolla alrededor de un núcleo que suele ser la iglesia o la plaza o de un viario principal. En cualquier caso, siempre se reserva el mejor suelo para el cultivo: la población se aparta y se arrima a las laderas septentrionales (con orientación sur, por tanto) del valle para facilitar así mismo el soleamiento de las casas.

Las cuevas suelen encontrarse segregadas del tejido urbano central, a las afueras del pueblo, colonizando cerros y laderas y formando barrios y arrabales.[11] Esta separación responde a razones tanto de índole social —Caro Baroja (1946 [1981], 2: 275–276) apuntaba que en las casas-cueva habitaban

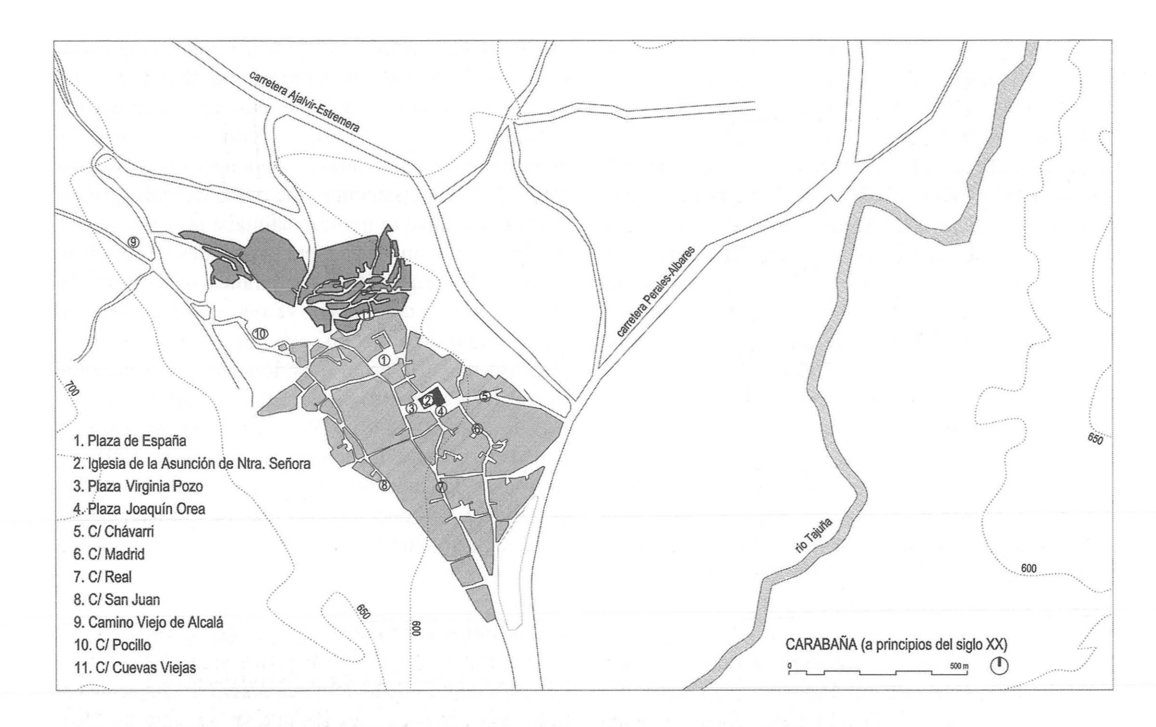


Figura 2
Plano de Carabaña a principios del siglo XX

«gentes pobres o que se hallan un poco al margen de la sociedad»— como por motivos constructivos que tienen que ver con las características geológicas del terreno. Como hemos visto, los suelos de las laderas de los escarpes y los cerros son calizos y yesíferos idóneos para la excavación, mientras que el lecho del valle está formado por depósitos sedimentarios arcillosos y arenosos menos consistentes.

Tipología de la casa-cueva madrileña

En los pueblos del sureste madrileño se ha desarrollado la casa-cueva en asentamientos en ladera, de pendiente sensiblemente abrupta. Hay dos tipos básicos: «primero, calles que unen a media ladera, siguiendo las líneas de nivel, un conjunto de cuevas lineales excavadas en una fuerte pendiente ..., y, segundo, agrupaciones amorfas, generalmente en colinas o pequeños valles, sin llegar a formar vías claras, sino una amalgama de espacios urbanos concatenados irregularmente donde las cuevas y chimeneas aparecen de forma aleatoria» (VVAA 2004, 12: 453) Estas últimas, que encontramos en Morata, Fuentidueña o Ciempozuelos son las excavadas en montes bajos y a las que Sandoval León y Bartolomé Tejedor (1991, 314) denominan «en llano».

Gonzalo de Cárdenas (1941, 32) diferencia los tipos de planta «según los medios de vida del hombre que la ha de habitar. En la vivienda de jornalero solamente se dispone de los dormitorios, la cocina y una pequeña despensa. Si la vivienda es de labrador, se exige, además, un granero o una bodega cuyo tamaño está también en relación con la cosecha que producen las tierras que labra».

Por su parte, Demetrio Ramos clasifica las cuevas tajuñeras en cuatro tipos fundamentales, no tanto por su forma en planta como por su configuración constructiva general. Así, encontraríamos los siguientes tipos: «el de Perales, determinado por una pendiente muy sensible y una falta de espacio; el de Carabaña,

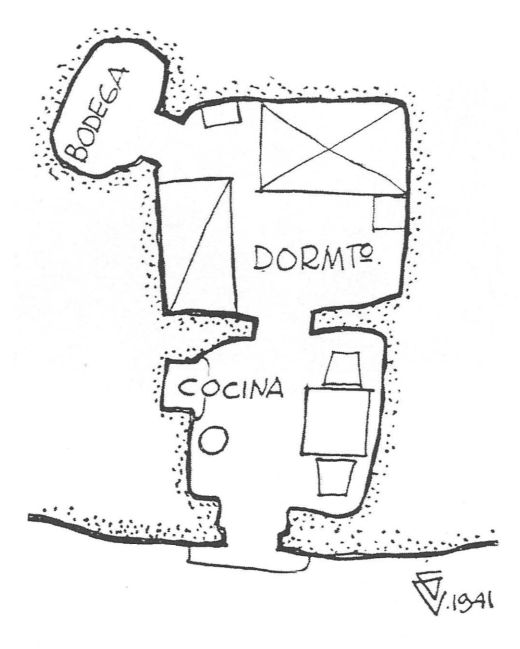


Figura 3
Vivienda sencilla de bracero en Titulcia, según Gonzalo de Cárdenas (1941, 35)

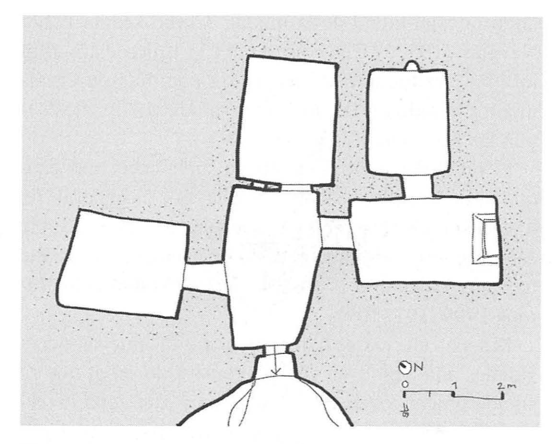


Figura 4
Planta de una cueva abandonada en el Soldellano de Valdearacete, febrero de 2009

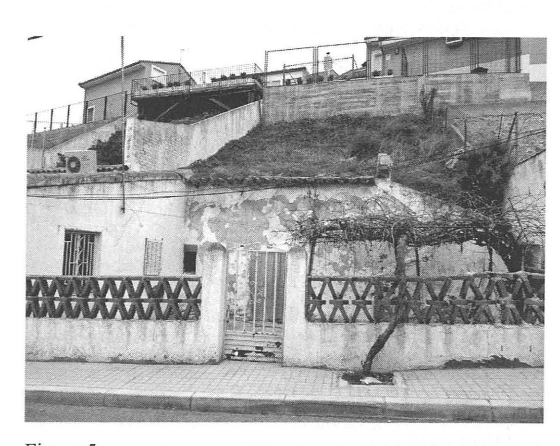


Figura 5
Aspecto exterior de una cueva en Titulcia a la que se le ha adosado un nuevo cuerpo construido que respeta la fachada y el patio delantero de la cueva original

de menos pendiente y más espacio; el «apallazado», de suavísima pendiente, y el de Morata, en llano o casi llano» (Ramos 1947, 12).

La clasificación tipológica más habitual distingue cuatro tipos fundamentales según la forma de su planta: en fondo, en paralelo, en cruz o mixto, si bien no constituyen modelos rigurosos y rígidos en los que el habitante-constructor pueda elegir como estudio previo a la acción de la construcción como si de un proyecto se tratara y que vaya en función de sus necesidades, sino que son precisamente estas necesidades específicas de cada habitante y sus sucesivos descendientes las que han ido determinando la forma actual de la cuevas. Los tipos resultantes aparecen como una consecuencia de los procesos constructivos que se han ido sucediendo a lo largo de generaciones.[12]

Todas estas viviendas parten de una estancia rectangular con entrada desde la calle, que hace las veces de portal. A partir de ella se distribuye la cueva, bien hacia el fondo en estancias sucesivas o, por el contrario, si hay suficiente espacio en el frente se excavan otra u otras habitaciones en primera crujía (que suele ser la cocina-estar y las cuadras) y desde ellas se sigue avanzando en profundidad. Desde la cocina se accede a la despensa y desde el portal a los dormitorios. Los huecos de paso se abren en los lados menores de la planta rectangular, que son los testeros de la bóveda excavada, de manera que no afec-

tan a la estabilidad de la misma. Como señala Pablo Navajas (1983, 171), «presentan la típica estructura lobular, traducción de su forma peculiar de crecimiento basado en las adiciones de nuevos locales según las necesidades del usuario».

El nivel del suelo de la cueva suele estar más bajo que el de la calle, y dentro de ella, por lo general, no hay desniveles, si bien en ocasiones, el portal suele estar algo más alto que el resto de estancias, a las que hay que bajar uno o dos escalones (Maldonado Ramos 1999, 101–109).

Muchas cuevas se han adaptado a las nuevas necesidades añadiendo un cuerpo construido en el que se suelen ubicar los cuartos húmedos y a la zona de estar en invierno, generalmente con cocina y baño completos, pero manteniendo las habitaciones y dormitorios originales dentro de la cueva, con mayor acondicionamiento y resguardadas de las oscilaciones térmicas. En algunos casos, esta construcción está adosada a la entrada de la cueva, de manera que el acceso se produce desde el nuevo edificio como si de otra habitación se tratase. En otras ocasiones se ha mantenido un patio entre la nueva edificación y la cueva. No obstante, con el paso del tiempo y la necesidad de adecuación de las viviendas a las condiciones de confort actuales, esta nueva construcción anexa ha ido albergando más funciones llegando a desarrollarse como una vivienda completa, relegando las estancias de la cueva a servir de almacén, despensa, bodega, merendero o dormitorio para los meses calurosos.



Figura 6
Exterior de una cueva abandonada en Valdearacete. Tan solo la puerta y la chimenea manifiestan que ahí hay una cueva

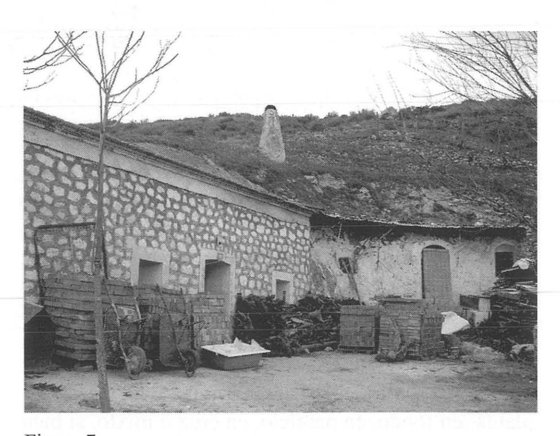


Figura 7
Dos cuevas en Tielmes. A la de la izquierda se la ha añadido una fachada de mampostería rejuntada, mientras que la de la derecha muestra el corte del terreno protegido por una mano de barro y cal

La excavación de la cueva: proceso y técnicas constructivas

«A golpe de pico, el operario va excavando su vivienda y sacando fuera, al propio tiempo, los materiales de escombro» (Carlos Flores 1975, 3: 446). Uno de los rasgos característicos de este tipo de arquitectura es que su sistema constructivo se basa en la sustracción de material en lugar de su adición, como es habitual en las construcciones tradicionales. Para su construcción se contaba con la mano de obra de los futuros propietarios de la vivienda (autoconstrucción) así como de sus familiares y los denominados «maestros de pico», «cueveros» o «cuerquevero», especializados en este trabajo. Los utensilios empleados para el vaciado eran «las herramientas comunes que tenían para sus trabajos en el campo, como son las hazadas, picos, martillos, palas, cinceles y espuertas de esparto para recoger y esparcir la tierra» (Sandoval León y Bartolomé Tejedor 1991, 320).

En el caso de Tielmes, tal y como relata de la Torre Briceño (2003, 72), el propietario debía pagar un canon al ayuntamiento antes de comenzar la construcción. Si el solar estaba en el Cerro de la Perdiz,

perteneciente a principios del siglo XIX al Marqués de Santa Genoveva, se le pedía a éste un permiso verbal. La propiedad de la cueva pasaba a ser entonces del habitante-constructor.

Una vez seleccionado el lugar donde se ubicaría y la mejor orientación de la vivienda, la construcción se iniciaba por la fachada en otoño, coincidiendo con los «ciclos del campo». Estas obras seguían un proceso distinto en función del tipo de asentamiento: en caso de terrenos con gran desnivel la excavación es directa, la fachada ya existe en sí. Se produce el desmonte dejando el plano vertical como fachada, reforzada y protegida las más de las veces con un muro de mampostería. Hay que tener especial cuidado con la vegetación que crece sobre el lomo de la cueva. Se procuraba dejar hierba que protege de la humedad evitando plantas de mayor porte cuyas raíces pudieran dañar la bóveda o introducir el agua.

La protección de la fachada se completa con un tejadillo que hoy vemos en muchas ocasiones de fibrocemento, si bien lo habitual ha sido hacerlo de teja cerámica. En su origen, y aún quedan algunos casos, esta protección se realizaba con un manto de carrizos de la vega, denominándose «zarzo». El zarzo consistía en una cubierta vegetal de varias capas de carrizos dispuestos en horizontal sobre la fachada de la cueva. Cubría una profundidad de un metro y medio, aproximadamente y necesitaba de cierto mantenimiento periódico a medida que se iba pudriendo por la humedad o deteriorando por el viento.[13] Aún se pueden encontrar algunos aleros cubiertos con zarzo en Titulcia, Morata y Tielmes.

El proceso de construcción continuaba con la excavación del portal, habitación principal de la casa ya que será la que más iluminación reciba y por la que se distribuyen las entradas al resto de estancias. Se dejaba un considerable espesor de tierra (entre 1 y 1,5 m) como muro, así como sobre la bóveda, donde no hay menos de 1,5 metros de espesor de terreno. Sandoval y Tejedor (1991, 318) apuntan que este vestíbulo o «patio» suele tener unos 8 m^2. La directriz de la bóveda es perpendicular a fachada. A partir de aquí cada cueva tiene un desarrollo acorde con las necesidades del constructor-habitante y con los condicionantes del entorno más próximo. Lo normal es excavar unas estancias laterales, también en primera crujía desde la fachada, pero con la directriz de la bóveda paralela a ésta. Desde ellas se abren ventanas a la calle. Una de estas habitaciones solía ser la cocina.

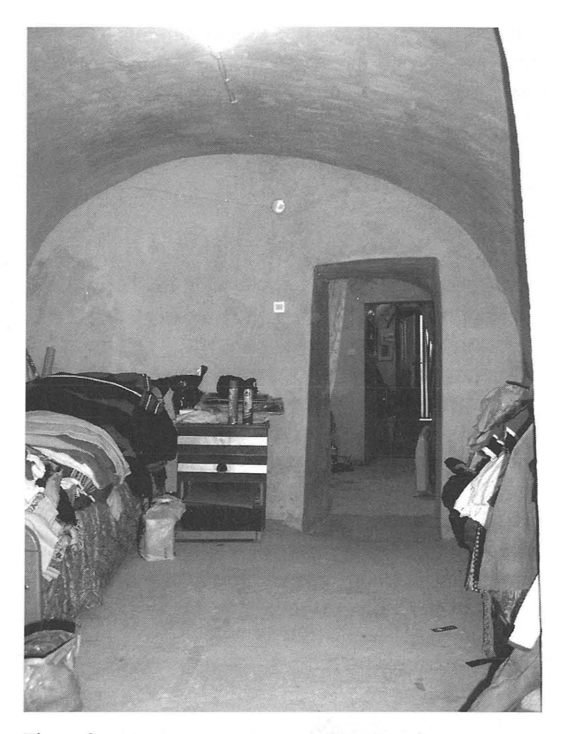


Figura 8
Interior de una cueva en Tielmes

Sin embargo, también es habitual el crecimiento en túnel, esto es: a partir del portal se sigue profundizando en la montaña siguiendo el eje perpendicular a la fachada. Esta construcción se da cuando hay cuevas vecinas muy próximas, por la presencia de terrenos inapropiados por su deleznabilidad o por su dureza que impide la excavación. En este caso, todos los cañones de las bóvedas siguen la misma directriz. La directriz de las bóvedas responde al orden del proceso constructivo de la casa-cueva.

La chimenea,[14] que suele sobresalir algo más de dos metros por el lomo de la cueva, se construye con una amalgama de yesones, cascotes, piedras, pudiendo tener o no un armazón de listones de madera o palos a modo de bastidor (en las chimeneas poligonales).

Los suelos originales, al igual que en otros tipos de arquitectura popular, eran de tierra apisonada, si bien se han ido sustituyendo por baldosas cerámicas o mortero de cemento con el tiempo.

Por último, el interior se encala «incluso en los suelos; cal en el remate de la cónica chimenea, que sale a través del monte, y cal también en los paramentos de la fachada, que dan una pincelada de blanco sobre el color caliente de la tierra arcillosa ... esa bendita cal española, que constituye el mejor medio de conservar las viviendas en las mejores condiciones sanitarias» (Cárdenas y Rodríguez 1941, 36).

Comportamiento bioclimático de la arquitectura subterránea

La característica más apreciada de la arquitectura subterránea es su excelente comportamiento térmico y su práctica independencia frente a las oscilaciones térmicas del ambiente exterior. En efecto, la arquitectura subterránea se desarrolla como respuesta eficaz a las hostilidades ambientales en zonas con influencia de climas de alta continentalidad. Las oscilaciones térmicas se producen de forma tanto anual como diaria. Por otra parte, estas construcciones se ubican en tierras de cierta aridez, en las que lluvias que nunca sobrepasan los 400–500 mm de tal forma que se asegura un nivel de humedad adecuado en la cueva como para poder habitarla así como que se eliminan los riesgos de hundimiento, filtraciones, inundación o deterioro por escorrentía que podrían provocar las abundantes lluvias. La escasez de lluvias y el mayor número de días despejados a lo largo del año provocan fuertes heladas invernales y tórridos veranos. No obstante, es posible el aprovechamiento de la radiación solar como recurso bioclimático debido precisamente a la estabilidad meteorológica durante buena parte del año.

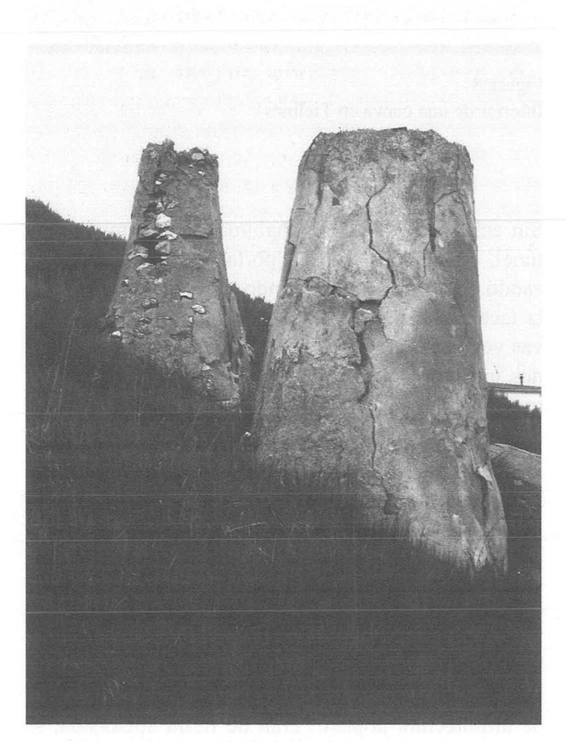


Figura 9
Chimeneas en Tielmes

La inercia térmica

La inercia térmica se define como «la dificultad que ofrecen los cuerpos para cambiar el estado en el que se encuentran. Es, por tanto, la dificultad que ofrece un cuerpo a cambiar su temperatura, y se obtiene cuantificando su masa térmica» (Neila González y Bedoya Frutos 1997, 251). La masa térmica es una magnitud que relaciona la masa (en función del volumen y la densidad) de un material con su calor específico o «cantidad de calor que es preciso aportar a un material para aumentar en un grado la temperatura de la unidad de masa» (Loubes 1985, 125). Por ende, el parámetro que más determina la acumulación de energía es la masa del elemento constructivo, que en el tipo constructivo que nos ocupa —la construcción subterránea— puede tomar valores infinitamente grandes. En las cuevas habitadas, el caso más desfavorable se da en los muros exteriores. Aún así, el grosor de los mismos (superando generalmente los 100 e incluso los 150 cm) provoca un valor muy alto de masa térmica.

La inercia térmica o la capacidad de acumulación de energía de un determinado elemento constructivo se muestra como el mecanismo bioclimático más potente para hacer que dichas oscilaciones sean imperceptibles en el interior, esto es: que las construcciones sean térmicamente estables. El funcionamiento bioclimático de las casas-cueva se basa en este principio, siendo el máximo exponente entre las soluciones arquitectónicas basadas en él. La inercia térmica es tan importante que el desfase y la amortiguación hacen prácticamente imposible la incidencia del cli-

ma sobre la construcción permitiendo alcanzar situaciones de confort en el interior de las edificaciones en climas adversos.

Por otra parte, como consecuencia de la influencia del clima, en el terreno se produce un gradiente térmico que determina que la temperatura en cada punto sea diferente según la distancia a la superficie. Del mismo modo, la oscilación térmica en el interior de la casa-cueva cambia en función de la profundidad a la que se encuentre ésta, pudiendo variar entre la media del día, cuando se dispone de aproximadamente 50–75 centímetros de espesor, o la media del año, con profundidades de 10–12 metros, dependiendo del tipo de terreno y de cobertura. De hecho, los métodos de cálculo empleados para determinar la temperatura del suelo tienen en cuenta no sólo la temperatura media de la superficie el suelo y su oscilación a lo largo del año sino también la difusividad térmica del material que lo constituye, esto es, la velocidad de calentamiento del mismo que está en función de su conductividad térmica, la densidad y del calor específico. En el caso del suelo de la casa-cueva, se ha comprobado que se produce una alteración en el comportamiento de las isotermas cercanas de tal forma que su temperatura es mayor que la que le correspondería por cota (Neila González 2000, 21–22).

Estas cuevas en ladera no tienen una capa constante de terreno encima, sino que a medida que la cueva es más profunda mayor es la capa de tierra por la inclinación de la ladera. Así, las estancias interiores estarán más cercanas a la media anual de temperatura por estar más enterradas, mientras que las exteriores sufrirán alguna variación, prácticamente imperceptible a la sensación, aunque mantendrán la media diaria. A pesar de que el confort diurno y nocturno en el interior está garantizado por la inercia de la construcción subterránea en las condiciones de verano, en las de invierno la situación térmica puede encontrarse muy por debajo de la de confort actual aunque sí respondería perfectamente a la fijada en épocas anteriores. No obstante, los parámetros de confort varían en tiempo y lugar. Este problema queda solucionado con gran facilidad gracias al aporte energético de la cocina que, ubicada en la primera crujía, supone un colchón térmico para las estancias interiores, o incluso a la presencia del ganado en el interior de la vivienda como ha sido común en el medio rural español hasta no hace muchos años.

Si reflejamos los valores climáticos normales en la carta bioclimática Givoni (1969), observamos las necesidades que hay que cumplir para alcanzar los parámetros de bienestar. Se han diferenciado dos estancias o dos ambientes dentro de la cueva: la habitación más cercana a la entrada desde la calle (portal, cocina) que por su menor grado de enterramiento sufre algunas variaciones en su temperatura; y la habitación interior (dormitorios) que mantiene la temperatura media anual.

En el caso de la habitación externa, en verano se alcanzan las condiciones óptimas de confort, ya que la temperatura media en julio es de 23,7° C, situándose dentro del área actual de bienestar actual. Por el contrario, en invierno se necesitará calefacción solar activa, ya que en enero la temperara media es de tan solo 5,5° C. Precisamente, estas estancias presentan huecos de la fachada meridional por los que entra la radiación solar que calentará los elementos constructivos sobre los que incida (suelo y paredes principalmente), pero además templará el aire. La distribución de las viviendas y la apertura de las estancias entre sí garantizan la transferencia energética de unas a otras y evita el sobrecalentamiento que podría producirse en la estancia captadora de energía. Por el contrario, en verano, el retranqueo del hueco y el pequeño voladizo sobre la fachada permite protegerla de la incidencia de los rayos solares, minimizando el calentamiento diurno.

En la habitación interior se mantiene —por la inercia del terreno al ser mayor la profundidad— la temperatura media anual, que viene a estar sobre los 14° C con la que no se alcanza la zona de bienestar actual (aunque quizá sí la de épocas anteriores). Sin embargo, bastan las ganancias internas de la vivienda (presencia constante de las personas y de los animales, cocción de los alimentos...) para acercarnos a esa área de confort. En cualquier caso, en invierno sólo haría falta un pequeño aporte energético para caldear el ambiente. Es habitual ver que, en los meses de verano, se duerme con mantas, incluso en los días más tórridos. Por esta razón se han mantenido las cuevas como bodegas o dormitorios para la siesta estival cuando la vivienda se ha trasladado a la nueva edificación levantada delante de la cueva.

En consecuencia, encontramos dos recursos de aprovechamiento de la inercia térmica del material. En primer lugar, el aprovechamiento pasivo de las construcciones, esto es: la utilización de los propios elementos de la construcción para acumular energía.

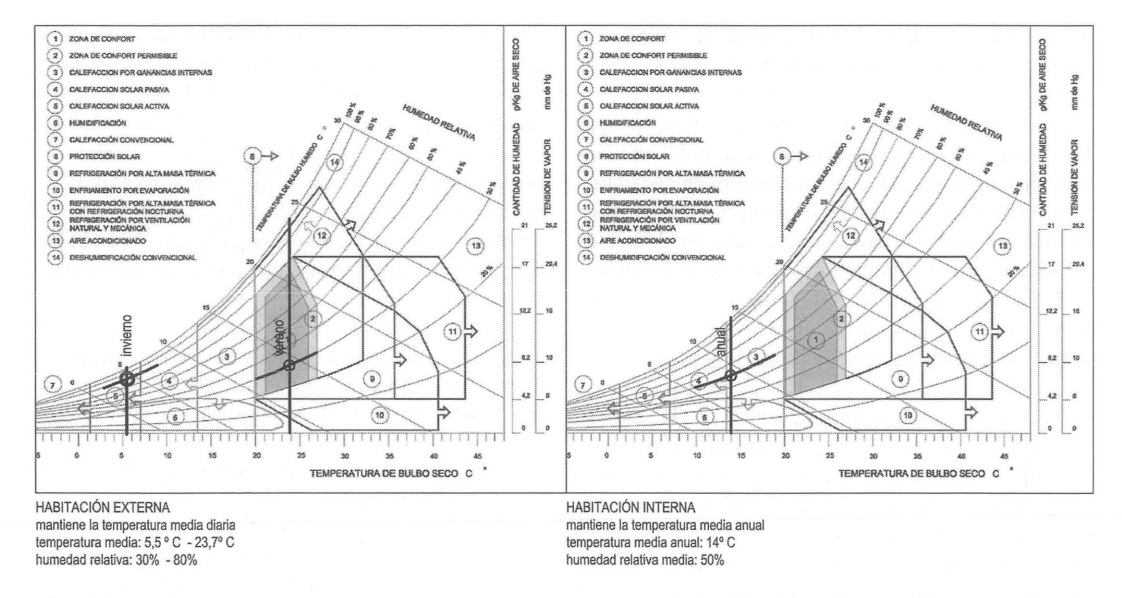


Figura 10
Simplificación de la carta bioclimática de Givoni para dos ambientes: habitación exterior y habitación interior

Esto ocurre en las habitaciones más cercanas a la calle, donde los muros actúan como acumuladores térmicos como si un muro de tapial o adobe se tratase (Maldonado Ramos, Rivera Gámez y Vela Cossío 2002). La radiación solar incide durante el día sobre los paramentos exteriores y el grueso muro se encarga de acumular la energía y retardar el paso de la onda térmica al interior. Por esta razón en estas estancias se consigue mantener la temperatura constante a lo largo del día y la noche. El segundo recurso es el aprovechamiento activo, del que se sirven los ambientes de las estancias más profundas y es el mecanismo de inercia térmica en su estado más puro, como ya hemos explicado.

La ventilación

La humedad contenida en el terreno y la propia del uso de la edificación junto con las bajas temperaturas propias de estos espacios en condiciones de invierno provocaría situaciones de malestar constantes al aumentar la sensación térmica de frío con la presencia de humedad. Ya hemos visto que el microclima del valle del Tajuña se caracteriza por su mayor humedad respecto a las comarcas circundantes debido a la mayor presencia de vegetación y el propio río, así como por lo encajonado del valle. La forma de garantizar esta eliminación de humedades es la ventilación. En primer lugar, las casas cueva se asentaban en los cerros y laderas, es decir, en zonas altas donde se favorece la ventilación natural a la vez que se huye del exceso de humedad del lecho del valle.

Dentro de la cueva la humedad tiende a ser constante. «Una humedad relativa de 50 a 70% tiene muchas influencias positivas: reduce el contenido de polvo fino en el aire, activa los mecanismos de protección de la piel contra los microbios, disminuye la vida de muchas bacterias y virus y disminuye los olores. En cualquier caso, los revestimientos interiores de barro ayudan a regular los posibles excesos de humedad. Una humedad relativa de más del 70% resulta en la mayoría de los casos desagradable debido a la disminución en la absorción de oxígeno de la sangre en condiciones cálido-húmedas. Se observan incrementos de las dolencias reumáticas en ambientes fríos y húmedos ... Un material poroso tiene la capacidad de absorber humedad del ambiente y desorberla, ofreciendo un balance de humedad en el ambiente interior» (Minke 1994, 19–20).

Por último, aunque de menor entidad, estas construcciones también emplean como recurso bioclimático la defensa frente a los vientos dominantes de invierno (Jové Sandoval 2006). De hecho estas construcciones suelen ubicarse de espaldas hacia éste, de tal forma que se minimiza el intercambio energético con el exterior y el espacio de la solana se hace habitable y aprovechable incluso en condiciones de invierno. El viento frío y húmedo del norte tiene poca incidencia sobre los huecos de las cuevas, ya que estos se abren al mediodía.

Ya García Mercadal, apoyándose en Torres Balbás, nos instaba a «ver en estas viviendas más que una supervivencia ancestral, basada en un estado de miseria, una feliz adaptación al medio geográfico, ya que debido a su orientación y disposición permiten más insolación y aireación que en la mayoría de las viviendas aldeanas formando callejas» (García Mercadal 1930, 17). «La imposibilidad de la superposición de las viviendas, hacen que en los pueblos así constituidos la densidad de población sea muy pequeña, contribuyendo, por lo tanto, a la salubridad del medio ambiente ... En la zona de las cuevas son rarísimos los casos que pueden presentarse de tuberculosis ... La cueva habitada constituye una vivienda completamente higiénica, y esta es una afirmación que conviene resaltar ante quienes han visto en la cueva una vivienda poco menos que infrahumana» (Cárdenas y Rodríguez 1941, 30–36).

Notas

1. La Fundación Diego de Sagredo tiene como finalidad la difusión, investigación y salvaguarda de la Cultura Arquitectónica, en cualquiera de sus manifestaciones. Por iniciativa de la Fundación, se ha creado la Cátedra «Gonzalo de Cárdenas» de Arquitectura Vernácula, en colaboración con la Oficina del Historiador de la Ciudad de la Habana. Esta cátedra, entre otros objetivos, se propone que la arquitectura vernácula y sus valores tradicionales sean reconocidos y que la sociedad tome conciencia de ellos.
2. Vicente Lampérez y Romea, en su *Arquitectura civil española* solo considera «merecedora de mención en estas páginas» a la vivienda subterránea andaluza, aportando una escueta descripción tipológica (Lampérez [1922] 1993, 1: 85–87). García Mercadal ofrece una visión general —en dos páginas excelentemente sintetizadas— al fenómeno en el conjunto de la Península Ibérica, citando en Madrid las cuevas de Perales de Tajuña (García Mercadal 1930, 16–17). Luis Feduchi (1973, 4: 246–248) sólo trata muy ligeramente las cuevas de Fuentidueña de Tajo y de Estremera, mientras que Carlos Flores (1975, 3: 446 y ss.) no cita las cuevas madrileñas y sólo se centra en las viviendas subterráneas manchegas al tratar de la arquitectura popular de la Meseta Sur.
3. Gonzalo de Cárdenas ocupó el cargo de subdirector general y arquitecto jefe de la Dirección General de Regiones Devastadas y fue uno de los primeros analistas de la arquitectura popular española. A lo largo del año 1941 (y más adelante en 1947) publicó diversos artículos sobre arquitectura popular en la revista *Reconstrucción,* la revista oficial de Regiones Devastadas. En 1944 los recopiló y completó en su conocido libro *La casa popular española.*
4. La localización de este tipo arquitectónico por un área tan extensa del territorio español —en la que convive con diversas manifestaciones de arquitecturas vernáculas diferentes entre sí— radica en el hecho de que la arquitectura subterránea responde con un comportamiento bioclimático excelente a los condicionantes naturales de dichas comarcas, caracterizados por las grandes oscilaciones térmicas (tanto diarias como anuales), un régimen de escasa pluviosidad y relativa aridez. La pervivencia de este tipo arquitectónico ancestral y su dilatado uso a lo largo de la historia como vivienda se ha debido a este excelente comportamiento bioclimático frente al rigor del clima del área geográfica en la que se enmarca. Sobre un mapa físico de España se fueron marcando todas las localidades en las que se ha desarrollado la arquitectura subterránea destinada a vivienda. Sobre ese mapa se fueron superponiendo sucesivamente los mapas litológico, geológico y pluviométrico con el fin de encontrar las relaciones o los condicionantes naturales que han posibilitado la adopción de este tipo arquitectónico (Cárdenas y Chávarri, Maldonado Ramos, Barbero Barrera y Gil Crespo 2008, 3–5).
5. En la población de Orusco se miden menos de 450 mm, siendo el valor mínimo registrado en el territorio de Madrid (Equipo de trabajo del Departamento de Geografía de la UAM 1992, 16).
6. En Higueras García 2007 hay un estudio completo de los factores climáticos de la Comunidad de Madrid y, en concreto, de Tielmes.
7. Estas cuevas excavadas prehistóricas han sido ampliamente estudiadas desde el siglo XIX (Moro 1892; Almagro Gorbea y Benito López 1993). Sólo en el término municipal de Tielmes se contabilizan unos setenta yacimientos en cuevas y abrigos naturales (de la Torre Briceño 2003, 20–31). Julio Caro Baroja (1946 [1981], 1: 311) señala que «la forma de vivir de los pastores

[carpetanos], que la componían en parte considerable, es distinta a la de los pastores celtas. Muchas de las ciudades carpetanas se hallaban asentadas en riscos y escarpaduras con cuevas naturales o artificiales que servían a la gente de mansiones, como hoy mismo ocurre en Tarancón y otros pueblos de Cuenca. Plutarco habla de la ciudad de los caracitanos, la «Caracca» de Ptolomeo ... que no estaba compuesta de casas, como la generalidad de las ciudades y aldeas, sino que en realidad era un monte bastante alto y de cierta extensión con muchas cuevas orientadas hacia el septentrión».

8. Hervás Herrera (1995, 187) considera que los visigodos «ocuparon la zona preferentemente desde mediados del siglo V, aprovechando las favorables características geofísicas, el hábitat en cueva y la infraestructura creada por los romanos». Los musulmanes, por su parte, también utilizaron las cuevas como vivienda. Francisco Martín García (2001, 32–33) cita la descripción de la Cora de Santaveria por parte de Al-Idrisi: «se procedía a la excavación de las viviendas en rocas blandas, efectuando los cerramientos de las mismas con tapial, adobes y calicanto» Almonacid Clavería. 1989. «La Kura de Santaveria: estructura político-admnistrativa». En *Actas del I Congreso de Historia de Castilla-La Mancha. Toledo, Ciudad Real*. Citado en Martín García 2001, 33.
9. En Morata de Tajuña se conserva el topónimo de la calle de la Morería, en la que aún quedan cuevas como las que pudieron habitar estos pobladores moriscos. Sorroche Cuerva (2000) también participa de este razonamiento, aunque aplicado a las cuevas granadinas.
10. «En el bajo valle del Tajuña encontramos una concentración absoluta de la población ... Desde Ambite hasta Titulcia la población vive, no en el caserío, sino en la villa rural; y decimos que hay absoluta concentración porque los habitantes del valle que viven fuera de los núcleos rurales son prácticamente inapreciables (un 0,6 por 100), de los cuales casi todos están desplazados, no por pura coincidencia, sino por razón del oficio (guardas, etc.)» (Ramos 1947, 103–104).
11. Cuevas Viejas (Carabaña), Cuevas de Arriba y Cuevas de Abajo (Tielmes), Cuevas Altas, Cuevas del Calvario y el Barrio Nuevo (Perales), calle de la Morería, barrio del Calvario, Cuevas de Arganda (Morata), calle Palomar y el Cerrón (Titulcia), Cuevas de la Barrera, Cuevas del Prado y Cuevas del Consuelo (Ciempozuelos), Soldellano (Valdearacete), calle de las Cuevas (Valdilecha), calle de la Cueva (Chinchón), barrio del Sepulcro (Fuentidueña)...
12. Un habitante de una cueva en Tielmes nos informaba en marzo de 2007 que estaba pensando en ampliar su casa-cueva con una habitación más para un hijo que acababa de nacer. Su vivienda, que podríamos clasificar como cueva «en túnel» ya había sido ampliada en otras ocasiones, siempre hacia el fondo. En este caso iba a excavar la nueva estancia en dirección perpendicular desde el dormitorio de matrimonio: «a medida que al aumentar la familia van aumentando las necesidades, se va aumentando el tamaño de la vivienda, constituyendo de esta forma un tipo de edificación extensible y que puede ir variando cuando el número de hijos así lo exige» (de Cárdenas y Rodríguez 1941, 32).
13. Agradecemos a Pedro Francisco Rincón Morante, de Tielmes, esta información sobre el empleo del zarzo.
14. En las cuevas madrileñas no hay más que una chimenea de salida de humos de la cocina. La excavación en laderas de fuerte pendiente imposibilitan que se puedan abrir más chimeneas en los cuartos interiores, al contrario de lo que sucede en las viviendas subterráneas sobre terrenos planos (silos de Villacañas, Cuevas de la Torre en Paterna...).

Lista de referencias

Almagro Gorbea, Martín y José Enrique Benito López. 1993. «La prospección arqueológica del valle del Tajuña. Una experiencia teórico-práctica de estudio territorial en la Meseta». En *Complutum* 4: 297–310.

Cárdenas y Chávarri, Javier de, Luis Maldonado Ramos, María del Mar Barbero Barrera e Ignacio Javier Gil Crespo. 2008. «Sostenibilidad y mecanismos bioclimáticos de la arquitectura vernácula española: el caso de las construcciones subterráneas». En *Actas del Primer Congreso Medio Ambiente Construido y Desarrollo Sustentable*. La Habana.

Cárdenas y Rodríguez, Gonzalo de. 1941. «Arquitectura popular española: las cuevas». *Reconstrucción* 9: 30–36.

Cárdenas y Rodríguez, Gonzalo de. 1944. *La casa popular española*. Bilbao: Editorial de Conferencias y Ensayos.

Caro Baroja, Julio. [1946] 1981. *Los pueblos de España*. Madrid: Istmo.

Fariña Tojo, José. 1998. *La ciudad y el medio natural*. Madrid: Akal.

Feduchi, Luis M. 1974. *Itinerarios de arquitectura popular española*. Barcelona: Blume-Labor.

Fernández García, Antonio (dir.) 2008. *Madrid, de la Prehistoria a Comunidad Autónoma*. Madrid: Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid.

Flores López, Carlos. 1973–1977. *Arquitectura popular en España*. Madrid: Ediciones Aguilar.

García Grinda, José Luis. 1990. *Recuperación de los molinos del Tajuña*. Madrid: Comunidad de Madrid. Consejería de Política Territorial, Dirección General de Arquitectura.

García Martín, Francisco. 2001. *Cuevas y silos. Viviendas subterráneas en Castilla-La Mancha*. Madrid: Celeste Ediciones.

García Mercadal, Fernando. [1930] 1981. *La casa popular en España*. Barcelona: Gustavo Gili.

Gil Crespo, Ignacio Javier. 2009. *Comportamiento bioclimático de la arquitectura popular excavada en el valle del Tajuña de Madrid. Estado de la cuestión, hipótesis, objetivos, metodología y búsqueda bibliográfica*. Trabajo de curso de doctorado, inédito. Universidad Politécnica de Madrid.

Gil Crespo, Ignacio Javier. 2009. *Arquitectura popular, medio ambiente y sostenibilidad: las casas-cueva del Bajo Tajuña (Madrid)*. Trabajo de curso de doctorado, inédito. Universidad Politécnica de Madrid.

Givoni, Baruch. 1969. *Man, climate and architecture*. Londres: Elsevier Publishing Company Limited.

Hervás Herrera, Miguel Ángel. 1995. «Despoblados medievales en el Bajo Tajuña». En Segura Graíño, Cristina (ed.). *Orígenes históricos de la actual Comunidad Autónoma de Madrid,* 183–204. Madrid: Asociación Cultural Al-Mudayna.

Higueras García, Esther. 1997. *Urbanismo bioclimático. Manual de diseño de nuevos asentamientos urbanos para la comunidad de Madrid.* Tesis doctoral. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. Universidad Politécnica de Madrid.

Jové Sandoval, Félix. 2006. *La vivienda excavada en tierra, El barrio del Castillo en Aguilar de Campos: Patrimonio y técnica constructiva.* Valladolid: COACYLE, Universidad de Valladolid.

Lampérez y Romea, Vicente. [1922] 1993. *Arquitectura civil española de los siglos I al XVIII.* Madrid: Ediciones Giner.

Loubes, J. P. 1985. *Arquitectura subterránea. Aproximación a un hábitat natural.* Barcelona: Gustavo Gili.

Madoz, Pascual. 1848 [1981]. *Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de España y sus posesiones de Ultramar. Madrid. Audiencia, provincia, intendencia, vicaría, partido y villa.* Madrid: Ediciones Giner.

Maldonado Ramos, Luis y Fernando Vela Cossío.1998. *De Arquitectura y Arqueología*, Madrid: Ediciones Munilla-Lería.

Maldonado Ramos, Luis. 1999. *Arquitectura construida con tierra en la Comunidad de Madrid.* Madrid: Fundación Diego de Sagredo.

Maldonado Ramos, Luis, Francisco Castilla Pascual y Fernando Vela Cossío. 2001. «Rendimiento y coste energético en la construcción de cerramientos de fábrica de adobe y bloque de tierra comprimida». *Informes de la Construcción*, vol. 53, nº 473: 27–37.

Maldonado Ramos, Luis; David Rivera Gámez y Fernando Vela Cossío (eds.). 2002. *Arquitectura y construcción con tierra. Tradición e innovación.* Madrid: Mairea.

Moro, Romualdo. 1892. «Exploraciones arqueológicas en Perales de Tajuña». En *Boletín de la Real Academia de la Historia* 20: 226–230.

Minke, Gernot. 1994. *Manual de construcción en tierra.* Montevideo: Nordan-Comunidad.

Navajas, Pablo. 1983. *La arquitectura vernácula en el territorio de Madrid.* Madrid: Diputación de Madrid, Área de Urbanismo y Ordenación Territorial.

Neila González, Francisco Javier y César Bedoya Frutos. 1997. *Técnicas arquitectónicas y constructivas de acondicionamiento ambiental.* Editorial Munilla-Lería.

Neila González, Francisco Javier. 2000. *La acumulación de las energías renovables (II): La arquitectura subterránea.* Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Ramos, Demetrio. 1947. «Notas sobre la geografía del bajo Tajuña». En *Estudios Geográficos* 26. Madrid.

Rodríguez Ariza, Maite. 2008. *Arquitectura tradicional en la Comunidad de Madrid. Llegar a tiempo...* Madrid: Ediciones La Librería.

Sandoval León, Mª Dolores y Luisa Bartolomé Tejedor. 1991. «Viviendas trogloditas de la provincia de Madrid. Estudio de las cuevas-viviendas en la Ribera del Tajuña». *Arqueología, paleontología y etnografía* 1: 305–331. Madrid: Consejería de Cultura. Comunidad de Madrid.

Seijo Alonso, Francisco G. 1973. *Arquitectura alicantina. La vivienda popular.* Alicante: Biblioteca alicantina.

Sorroche Cuerva, Miguel Ángel. 2000. «Tipologías constructivas en el noreeste de la provincia de Granada. Materiales de construcción. Tipos y técnicas en la arquitectura tradicional». En Huerta, Santiago (ed.). 2000. *Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la Construcción* 2: 1069–1075. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Torre Briceño, Jesús Antonio de la. 2003. *Guía turística de Tielmes.* Tielmes: Ediciones del Orto, Ayuntamiento de Tielmes, Dirección General de Turismo, Consejería de Economía e innovación Tecnológica.

Torres Balbás, Leopoldo. 1933. «La vivienda popular en España». En Carreras y Candi (dir.), F. *Folklore y costumbres de España*, 3: 137–502. Barcelona: Alberto Martín.

Urbina Martínez, Dionisio. 1998. «La Carpetania romana y los carpetanos indígenas: tribu, etnia, nación o el país de los escarpes». *Gerión* 16: 183–208. Madrid: Servicio de Publicaciones. Universidad Complutense de Madrid.

Vela Cossío, Fernando y Luis Maldonado Ramos. 2000. «Estructuras subterráneas en el recinto medieval de la ciudad de Guadalajara. Documentación histórica y análisis constructivo». En Huerta, Santiago (ed.). 2000. *Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, 2: 1106–1112. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

VVAA. 2004. *Arquitectura y desarrollo urbano. Comunidad de Madrid,* tomos 10–13. Madrid: Dirección General de Arquitectura y Vivienda, Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, Fundación Caja Madrid, Fundación COAM.

Cerrajería de forja: el balcón en la vivienda colectiva de Madrid durante el siglo XIX

María Teresa Gil Muñoz

La cerrajería es un término que, dentro de su propia definición, alude a la seguridad del edificio, como medida de protección, de cerramiento, etc. Según la Real Academia Española, un cerrajero es un «maestro u oficial que hace cerraduras, llaves, candados, cerrojos y otras cosas de hierro». Existen bastantes elementos que nos podemos encontrar en un edificio que pertenecen al ámbito de la cerrajería, pero no sólo como elementos de seguridad, sino también de ornato, o formando parte de otras instalaciones o usos del edificio, como por ejemplo pueden ser bajantes de pluviales, respiraderos, etc.

Este trabajo se centra básicamente en la evolución constructiva de los balcones de cerrajería en la vivienda colectiva de la ciudad de Madrid a lo largo del siglo XIX, y en concreto en la cerrajería de forja. Se profundiza en la manera de trabajar los elementos que conforman esa cerrajería, su modo de sujeción al muro y sus distintas maneras de apoyo.

En vivienda colectiva existen diferentes elementos de cerrajería, como son antepechos, balcones, montantes de las puertas de acceso al edificio, barandillas de escaleras, etc. Cada uno de estos con una evolución propia, estilística, formal, constructiva, etc.

En los años 1860 es cuando se generaliza el uso de miradores, aparece la verja como sistema de cerramiento de jardines y palacios y adquieren presencia en el espacio urbano elementos como farolas, etc. Y a finales del siglo XIX se construyen nuevas edificaciones en las que se da gran valor a la cerrajería, como es el caso de la arquitectura bancaria.

Trayectoria histórica del hierro

El hierro siempre se ha utilizado a lo largo de la historia, y su origen en la Península se remonta a la Edad del Hierro en época prerromana. Más tarde, durante el siglo XV en Vizcaya y Guipúzcoa se trabaja este material en las *ferrerías* vascas y en Cataluña en las *fargas* catalanas; los siglos XVI, XVII y XVIII fueron años florecientes de esta industria, y durante el siglo XVIII es Asturias la zona que adquiere un papel destacable (Olaguer-Feliú 2006).

En el siglo XVIII se produce la Revolución Industrial en Inglaterra. Se mejora el procedimiento de extracción del mineral, se hace uso de la máquina de vapor como fuente de energía, se sustituye el carbón de madera por el coque como combustible y se adopta el alto horno para la fundición del hierro, dejando atrás los hornos de reverbero.

La fundición va a permitir aumentar considerablemente la cantidad de producción, mejorar la calidad del hierro y reducir su precio.

Inglaterra fue el país precursor en el empleo de la fundición del hierro, Francia también hizo uso del mismo durante todo el siglo XVIII, y en España tiene lugar este desarrollo industrial ya en la tercera década del siglo XIX, con la aparición de la burguesía.

Desde las últimas décadas del siglo XVIII y primeras del siglo XIX, tanto en Inglaterra como en Francia, existe un uso generalizado del hierro fundido. Desde mediados del siglo XIX también se impuso el uso del acero.

En la primera mitad del siglo XIX en Inglaterra, Francia y otros países europeos se manejan catálogos de cerrajería con un amplio repertorio ornamental (Cervera 2006, 28 y sig.).

La modernización de la industria del hierro en España se promueve a través de las Sociedades Económicas de Amigos del País. La primera fue fundada en Bilbao en 1768, y desde finales del siglo XVIII empiezan a operar en las principales ciudades españolas. Estas Sociedades promovieron el desarrollo de la industria, su comercio y la creación de nuevas fuentes de producción. También impulsaron la instalación de altos hornos, pero durante el primer tercio del siglo XIX su papel quedó relegado debido a la situación política de la época —gobierno absolutista impuesto por Fernando VII. Las distintas guerras carlistas fueron frenando el proceso de industrialización del país a lo largo de todo el siglo.

De 1792 data el primer alto horno que entra en funcionamiento en España en Sargadelos, con combustible de carbón vegetal, pero produciendo básicamente material de armamento y municiones. Coetáneas, aunque de menor importancia, son las fábricas de Orbaiceta y Trubia.

En España hasta los años 40 se siguen procedimientos artesanales de forja de hierro dulce para la construcción de los enrejados de la arquitectura. Y a partir de este momento se empieza a introducir la fundición en la construcción de los balcones.

Es en esta década de los 40 cuando se abren en Madrid una serie de fábricas de fundición de hierro o hierro colado. Algunos de los fundidores de hierro de este momento son Guillermo Sanford, Nicolás Grousselle y Compañía, José Safont y Compañía, José Bonaplata y Ramón Bonaplata (Cervera 2006, 155–158).

A finales de los años 50 se fundan los primeros altos hornos españoles de carbón mineral o coque.

Durante el último tercio del siglo XIX aparecen importantes talleres de fundición en Madrid, como son los regentados por Bernardo Asins o Juan González, abastecidos por los altos hornos vizcaínos.

Hierro dulce, fundición, acero y hojalata

Grosso modo, el hierro metálico se produce cuando al arder el combustible se genera monóxido de carbono, que al combinarse con los óxidos de hierro del mineral dan lugar a este material.

El hierro dulce, por su escaso contenido en carbono, no puede templarse, es decir, no endurece si lo calentamos al rojo y se sumerge bruscamente en agua, pero puede ser forjado y laminado. El hierro colado, por el contrario, tiene un alto contenido en carbono, con lo cual es excesivamente frágil, no pudiendo ser forjado ni laminado. El acero, libre de impurezas, es un material de principios del siglo XX —aunque su origen se remonta a 1855—, y se consigue tras una segunda fusión del hierro o proceso de afinado, obteniéndose tres tipos de acero, el acero dulce, el acero de forja y el acero aleado (VVAA. 1997, 16–18).

La hoja de lata se comienza a producir en España, por primera vez, en Beasain en 1882 por la planta Goitia y Compañía.

Y a principios del siglo XX se empiezan a usar otros materiales o metales no siderúrgicos como ornato de la cerrajería, y estos son el plomo, el bronce y el latón. También se comienza a utilizar el aluminio.

Tratamientos térmicos y protección de los hierros

Existen distintos tratamientos térmicos del hierro, que consisten en el calentamiento y enfriamiento del acero con alto contenido en carbono, y estos son el templado del acero que aumenta su dureza y fragilidad —enfriamiento más lento—, el revenido que aumenta su tenacidad y disminuye su dureza —enfriamiento brusco—, el recocido que aumenta su tenacidad y disminuye su fragilidad —enfriamiento lento— y el templado superficial o carburación con el que se consigue tenacidad y dureza (VVAA 1997, 142–145).

En la cerrajería de balcones del Madrid del siglo XIX únicamente vamos a encontrar hierro dulce que no ha sufrido tratamiento térmico alguno o hierro fundido.

En los balcones de vivienda colectiva de este siglo, como película de protección lo habitual es una capa de pintura negra sobre minio. Aunque las sucesivas capas de pintura que muestra actualmente la cerrajería no nos dejan ver si en la época se hizo uso de otras técnicas de protección y decoración, como el pavonado, pátinas, pinturas, bruñido, recubrimientos metálicos, etc.

Normativa de Madrid

En 1790 Juan de Villanueva, arquitecto municipal y sucesor de Ventura Rodríguez, redacta una reglamentación sobre rejas y balcones.[1] En esta se contempla la altura de los antepechos (de tres pies y medio a cuatro), la distancia entre balaustres (máximo de seis dedos), el vuelo de balcones o rejas según la distancia a la que se encuentren respecto de la calle (si esta distancia es menor de tres varas el vuelo no superará los ocho dedos), el vuelo del balcón principal (media vara), la entrega de las pletinas de planta y pasamanos en el muro (mínimo de un pie), la distancia de estas respecto del hueco (mínimo de un pie), la distancia de las palomillas si estas existieran y su modo de sujeción, etc.

Esta normativa sufrirá pequeñas ampliaciones y modificaciones por su sucesor Antonio López Aguado y estará vigente hasta los años 60. El vuelo de los balcones queda establecido en un pie y medio para el piso principal, de un pie y cuarto para el segundo, de un pie para el tercero —en pisos sucesivos se les va restando un cuarto— y en pisos de entreplanta de un pie.

En 1845 el Ayuntamiento de Madrid dicta nuevos vuelos estableciendo una mayor jerarquía entre plantas, ya que los vuelos son de pie y medio en la planta principal, de un pie en la segunda y de medio pie en la tercera. Y en 1847 quedan recogidos en una Normativa, en la que además se dice que las rejas que se encuentren a menos de ocho pies de altura respecto del suelo se construirán a ras de fachada. Ya en 1859 se amplía la ordenanza para verjas de cerramientos.

Las ordenanzas de 1865 permiten vuelos de 0,42 metros en la planta principal, y 0,28 metros en las plantas segunda y tercera. Los antepechos son de 1,05 metros de altura, los balaustres están separados no más de 0,11 metros, la entrega de las patillas es de 0,28 metros y la distancia de estas al hueco de más de 0,28 metros.

En 1884 las ordenanzas municipales establecen el vuelo de los balcones en función del ancho de la calle y ya adaptadas al sistema métrico decimal: «será en calles de primer orden de 0,90 metros en el piso principal, 0,75 metros en el segundo, 0,50 metros en el tercero y 0,35 metros en el cuarto y entresuelo. En las calles de segundo orden 0,75 metros en planta principal, 0,60 metros en la segunda, 0,45 metros en la tercera y 0,30 metros en la cuarta o entresuelo. En las calles de tercer orden 0,60 metros en el piso principal, 0,50 metros en el segundo y 0,40 metros en el tercero. En las calles de cuarto orden 0,45 metros en el principal, 0,35 metros en el segundo y 0,25 metros en el tercero» (Cervera 2006, 186). Se trata de una jerarquía vertical de los huecos.

Morfología del balcón en la arquitectura madrileña del siglo XIX

El balcón es un elemento que se generaliza durante el siglo XVIII. Durante el siglo XIX es el antepecho de protección de todos los huecos que aparecen en fachada, ya que prácticamente el hueco de ventana con antepecho de fábrica es inexistente. La distribución de huecos tiene lugar de manera repetitiva a lo largo de la fachada y se diferencian en altura según la planta en que se encuentren. Normalmente el entresuelo y la última planta no muestran voladizo.

Durante las tres primeras décadas del siglo XIX, o lo que es lo mismo hasta finalizar el reinado de Fernando VII, el balcón es de de gran simplicidad y sencillez en su construcción. Es en época isabelina cuando se produce el despegue. Y en el último tercio adquiere su mayor esplendor aunque ya conviviendo con otros materiales, como la piedra, el ladrillo, el hormigón, etc. Es en este momento cuando mayor cantidad de ejemplos nos encontramos, tanto en vivienda colectiva como privada.

A partir de los años 40 —momento de expansión de la economía— vemos ejemplos en los que el eje de fachada marca una simetría en esa disposición de huecos o estos huecos se disponen de manera pareada a lo largo de toda la altura de fachada. Se trata de una disposición rítmica del hueco en una fachada plana o de escaso relieve.

La reja, por lo tanto, se acomoda al hueco, normalmente disminuyendo su ancho y voladizo según ascendemos desde la planta primera a la última. En los años 40 empieza a jugar un papel importante en fachada, bien potenciando la presencia del balcón principal o abrazando el doble hueco pareado, aparecen balcones corridos normalmente en la planta primera, en ocasiones se apoya en petos de ladrillo enfoscado; en los años 60 se complementa con el mirador casi siempre situado en los extremos de fachada; y ya en los años 80 se combina con otros elementos que forman balaustradas de piedra o grandes cuerpos verticales a modo de mirador.

En los años 80 nos encontramos alzados en movimiento, constituidos por distintos planos.

El balcón siempre tiene un volumen prismático, de base rectangular, a lo largo de todo el siglo XIX, y es durante el período de cambio del siglo XIX al XX cuando los distintos frentes del balcón empiezan a mostrar formas globosas o formas ondulantes longitudinalmente, etc. y aparecen decoraciones no geométricas.

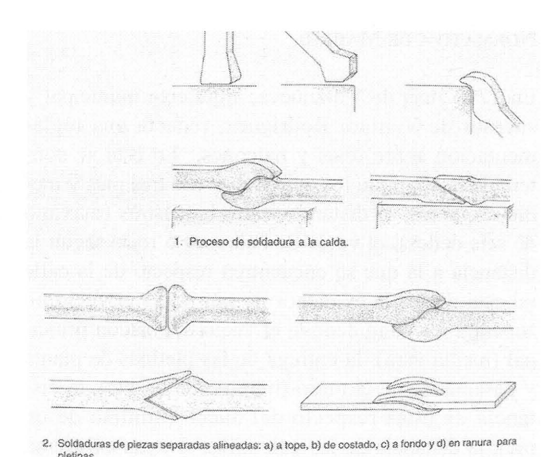


Figura 2
Soldadura de dos piezas alineadas (VVAA. 1997, 128)

SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS DEL BALCÓN EN EL MADRID DEL SIGLO XIX

Sujeción y apoyo del balcón

A lo largo de todo el siglo hay una única forma de sujetar el balcón al muro, el balcón está formado por dos pletinas en U, una a nivel de suelo y otra a una altura aproximada de un metro, ancladas al muro (figura 1).

El plegado a escuadra de los extremos de las pletinas se forja por laminado. La soldadura longitudinal de dos piezas alineadas puede ser de distintas formas, a tope, de costado, a fondo y en ranura (figura 2).

Los extremos de la pletina superior se pueden encontrar abiertos o rajados para una mejor sujeción, empotrados en los muros y fijados con mortero. La colada de plomo sólo se utiliza para el aplomado de las verjas de cerramiento, pero no como sistema de sujeción de la pletina. La entrega de esta es de unos 30 centímetros.

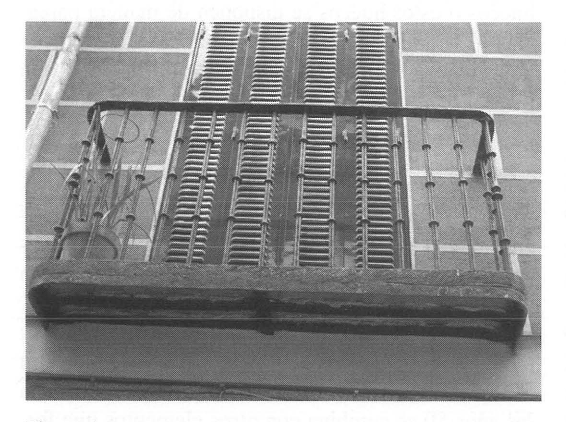


Figura 1
Edificio de vivienda colectiva en la C/ Olmo 29 de Madrid, 1799

Los extremos de la pletina inferior van sujetos a las viguetas del forjado, que en su mayor parte, durante todo el siglo, son de madera; salvo en la última década en la que los forjados de viguetas pueden ser de acero. Sobre esta pletina inferior apoya otro orden de pletinas que sirven de base a las piezas cerámicas del suelo, uniendo los encuentros con remaches cuando únicamente se trata de dos pletinas perpendiculares o un número reducido de estas (figura 1 y figura 9). Esto es lo habitual hasta los años 40.

Otra pletina en paralelo a la inferior y separada unos 6 centímetros por encima determina la distancia necesaria para alojar el suelo cerámico, por consiguiente, este canto es forrado por otra pletina para evitar ver el borde de la cerámica. La distancia entre pletinas se mantiene insertando entre estas pequeñas piezas verticales de sección cuadrada (figura 3) o con un tubo corrido, etc. Pero, hasta los años 40, lo normal es que esta pletina no exista y, por lo tanto, aparezcan dos pletinas perpendiculares a la pletina inferior, una a modo de goterón y otra para ocultar el borde del solado. Esta última se puede ver colocada hacia el exterior de los barrotes (figura 1) o hacia el interior.

A partir de los años 70, en vez de quedar a la vista el azulejo en la parte inferior del suelo del balcón, se puede observar una chapa que normalmente lleva re-



Figura 3
Edificio de vivienda colectiva en la C/ Factor 3 de Madrid



Figura 5
Edificio de vivienda colectiva en la C/ Juan de Mena 21 de Madrid, 1888. Arquitecto Marañón Gómez Acebo



Figura 4
Edificio de vivienda colectiva en la C/ Factor 2 de Madrid

machada una decoración floral en la parte central de la misma (figura 4). Generalmente este sistema se encuentra cuando sólo hay tres subdivisiones de la base de apoyo del solado.

El babero o goterón, descrito anteriormente, es sustituido por una pletina plegada a modo de decoración en algunos modelos del último tercio del siglo XIX (figura 5). En otras ocasiones podemos encontrar una chapa recortada.

Los barrotes se van a sujetar a las pletinas por el sistema de machihembrado y remachado, de ahí que la pletina superior sea protegida con un pasamanos, que ya muy avanzado el siglo muestra una decoración en los extremos (figura 5 y figura 15).

Este esquema se va a mantener a lo largo de todo el siglo, con las variantes oportunas cuando el suelo está constituido por piedras en voladizo (figura 10) o se trata de un pequeño vuelo del forjado, que queda oculto por una envolvente decorativa de yeso (figura 13), o ménsulas ancladas al muro (figura 15). En estos casos, bajo la pletina inferior del balcón, aparecen distintos puntos de apoyo de la rejería.

En algunos ejemplos se ven escuadras de sujeción del balcón o palomillas para afianzar el vuelo de estos. Y siempre en balcones con soporte del solado en hierro. Normalmente las escuadras van a estar constituidas por barras en su perímetro y pletinas en su interior haciendo un dibujo (figura 6), o las barras o pletinas pueden formar un dibujo que queda contenido en una escuadra virtual (figura 7).

Las palomillas son barras de sección cuadrada o circular que, situadas en los extremos del balcón, dibujan la hipotenusa de un triángulo para apoyar en el muro con remaches o entrega de las pletinas. Estas escuadras o pletinas van a ser necesarias para grandes vuelos; las ordenanzas de 1984 permitían vuelos de hasta 0,90 metros. En determinados edificios vemos como la decoración en yeso se complementa con la presencia de estos elementos (figura 7).

Cuando se trata de balcones corridos, cada cierto tiempo se emplea una pletina de anclaje al muro, re-

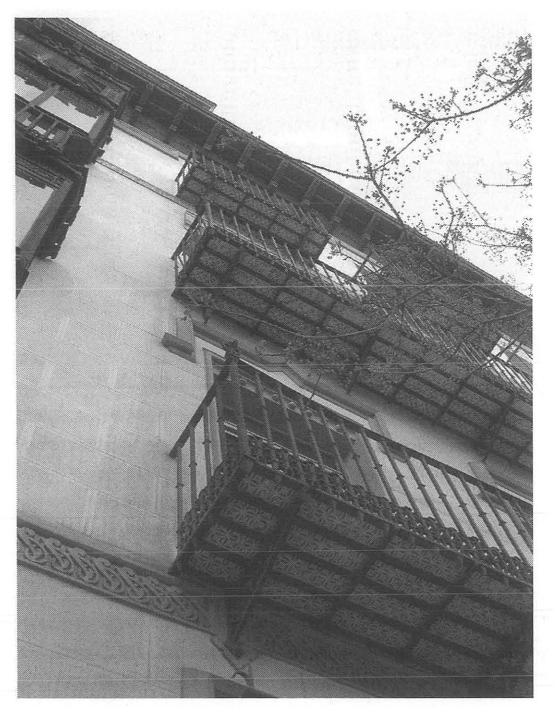


Figura 6
Edificio de vivienda colectiva en la C/ Salustiano Olozaga 8 de Madrid, 1876. Arquitecto José Segundo de Lema

machada a la pletina que se encuentra bajo el pasamanos (figura 15).

Evolución constructiva del balcón

A finales del siglo XVIII y principios del XIX, en la tipología de vivienda colectiva encontramos, generalmente, una estructura sencilla de balcón formada por la pletina superior, la pletina inferior y los barrotes verticales de sección circular que van machihembrados y remachados de pletina a pletina (figura 1).

Estos barrotes se muestran con recalcados intermitentes tanto en toda la longitud de la barra como en los extremos. Los recalcados son puntos en donde se ensancha la sección de la pieza, conformando nudos de distintas formas geométricas. Y las barras retorcidas se utilizan con mayor frecuencia en el último tercio del siglo XIX. Las barras también pueden mostrar formas hendidas o recortadas en distintas posiciones de estas.

Sin embargo, en la arquitectura palaciega pueden aparecer dos pletinas más, en paralelo a las ya mencionadas, con elementos geométricos entre estas a modo de fajas; o los barrotes verticales pueden ser balaustres torneados con torno. Ya en la década de los 30 los balaustres son de fundición, pero aún así no se hace uso de estos en la vivienda colectiva.

En la década de los 20 se introduce en los balcones una faja horizontal a la manera de zócalo, que o

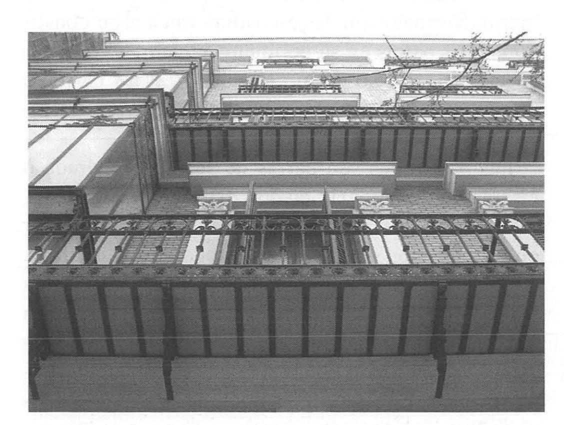


Figura 7
Edificio de vivienda colectiva en la C/ Salustiano Olozaga 4 de Madrid, 1897. Arquitecto Aníbal Álvarez Amorós



Figura 8
Edificio de vivienda colectiva en la C/ Unión 1 de Madrid, 1836



Figura 9
Edificio de vivienda colectiva en la C/ Santa Clara 3 de Madrid, 1836



Figura 11
Edificio de vivienda colectiva en la C/ Salustiano Olozaga 8 de Madrid, 1876. Arquitecto José Segundo de Lema

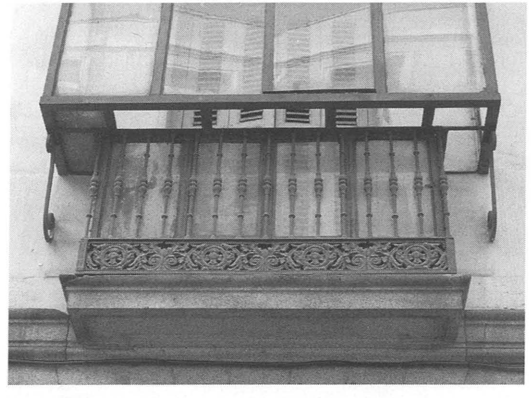


Figura 10
Edificio de vivienda colectiva en la Cuesta de Santo Domingo 3 de Madrid, 1852. Arquitecto Wenceslao Gaviña

bien puede estar constituido por piezas insertadas entre barrote y barrote o bien puede tener entidad propia apoyando sobre esta los barrotes de sección circular o cuadrada. La primera decoración descrita está sujeta por alambres (figura 8) o abrazaderas, e incluso puede existir un zócalo, superpuesto a los barrotes, sujeto con abrazaderas (figura 9).

Se puede decir que, como tónica general en el Madrid fernandino, a la estructura de balcón se le añaden motivos a modo de zócalo, y a partir de los años 40, en la arquitectura doméstica del Madrid isabelino, el zócalo se independiza de los balaustres. Este zócalo, a mediados del siglo XIX, en muchos casos se forma por la sucesión de piezas de fundición (figura 10). Aún así, en los años 80 se pueden ver elementos decorativos como zócalo entre barrote y barrote (figura 11), variando la decoración, y con barrotes de sección circular o cuadrada, retorcidos (figura 6), etc.

Debido a que los balcones a lo largo de su historia han sido pintados en numerosas ocasiones como medida de protección ante la corrosión, presentan distintas capas superpuestas, por tanto es difícil apreciar si el barrote es de forja, torneado o de fundición.

Es a partir de los años 1850 cuando se va a hacer uso del hierro fundido (figura 10). Los precios más asequibles de este material, hacen que la vivienda colectiva se vea favorecida en calidad y ornato.

Durante las cuatro primeras décadas, el balcón se muestra con el mismo ancho, el mismo vuelo, e in-

cluso la misma decoración en cada una de las plantas, a excepción de la planta última, ya que no es habitual la entreplanta. A partir de los años 40, ya se advierte la diminución del ancho y del vuelo al subir de planta, además el entrepaño principal del balcón sí cambia su decoración según plantas y este puede estar constituido por los propios barrotes y decoración intercalada en algunos casos, o puede ser un paño decorado con formas geométricas repetidas y con simetría respecto a la parte central del entrepaño. Estos elementos decorativos siempre se van a sujetar mediante remaches, y también se hace uso de la superposición de los distintos elementos mediante cajeado en la zona de encuentro y remache, pero ya a finales de siglo.

Las uniones más habituales que se utilizan a lo largo de todo el siglo son machihembrado, ligaduras o abrazaderas, remachado y cajeado. El machihembrado se consigue mediante el punzonado de la barra hasta conseguir el agujero de la dimensión buscada, y la pieza que hace de macho puede ser pasante o simplemente es destajada en el extremo para reducir la sección de la pieza y funcionar como tope.

Las ligaduras o abrazaderas son simples alambres de sujeción de las distintas partes que compone el balcón. Normalmente se encuentran sujetando zócalos sobrepuestos al embarrotado (figura 9). También se pueden emplear barras plegadas o acodadas que sujetan los distintos elementos decorativos que conforman cada una de las partes de la cerrajería (figura 11).

El remache tiene lugar en los extremos de las barras como sistema de unión de piezas y se consigue mediante golpes de martillo que conforman la cabeza de la barra. O también se utiliza como sistema de unión de barras cruzadas.

El cajeado consiste en la hendidura de la barra en el punto en que ésta ha de recibir el encuentro con otra (figura 12). Esta hendidura puede ser también acodada aunque no es lo habitual.

A partir de los años 60 es cuando se empiezan a construir los barrios de ensanche, y entre los muchos promotores de viviendas del momento están: Pascual Madoz, que trabaja para la compañía de seguros La Peninsular, y el marqués de Cubas. De destacar son los arquitectos que a continuación se mencionan y que dieron bastante importancia a la cerrajería del siglo XIX: Juan de Villanueva, Antonio López Aguado, Juan José Sánchez-Pescador, Narciso Pascual y Colomer, Wenceslao Gaviña, Francisco de Cubas y González-Montes, José Segundo de Lema, Lorenzo Álvarez Capra, José Marañón Gómez-Acebo, José Aníbal Álvarez-Amorós, Grases Riera, etc.



Figura 12
Edificio de vivienda colectiva en la C/ Academia 10 c/v Alfonso XII 32 de Madrid, 1887. Arquitecto Marañón Gómez Acebo

A partir de los años 60 hay balcones que no muestran zócalo, simplemente un paño con decoraciones geométricas remachadas entre sí, y remachadas a las barras que configuran la estructura del balcón (figura 13). Y en estos años aparece el balcón corrido en primera planta, como un elemento más jerarquizador. En los años 50 hay algún ejemplo de cómo esa jerarquía se enfatiza por la mayor anchura y vuelo del balcón principal.

En los años 70 se utiliza el balcón individual por hueco o el balcón corrido a lo largo de toda la fachada, incluso en todas las plantas, atendiendo a la disminución del vuelo según se sube de planta. En otros ejemplos el balcón corrido se utiliza en los balcones centrales del edificio y en los extremos se hace uso del mirador. En cualquier caso, el vuelo viene determinado por la normativa, la solución constructiva y los materiales empleados en el vuelo del solado. Los balcones de estructura metálica en su base ofrecen luces mayores, ayudados por las escuadras de apoyo.

En esta década se utilizan con frecuencia entrepaños conformados por una decoración de pletinas curvadas insertadas en un orden primero también de pletinas, remachadas entre sí, así como a la pletina superior e inferior (figura 14).



Figura 13
Edificio de vivienda colectiva en la C/ Recoletos 3 de Madrid, 1863



Figura 14
Edificio de vivienda colectiva en la C/ Villalar 4–6 de Madrid, 1876. Arquitecto Marqués de Cubas



Figura 15
Edificio de vivienda colectiva en la C/ Bárbara de Braganza 2 de Madrid, 1890

En los años 80, según el orden de la calle, vemos como en un mismo edificio aparece el balcón corrido en todas las plantas que dan a una calle principal, exceptuando la entreplanta y la última, y el balcón aislado en la calle de segundo orden. El balcón corrido puede estar formado por distintos tramos que apoyan en pilastras de fábrica enfoscada. Y la decoración predominante no va a ser el embarrotado sino la sucesión o superposición de grandes formas circulares o romboidales, que forman parte de una subestructura reticular de los paños (figura 5). También se utilizan mucho piezas de fundición superpuestas y remachadas al embarrotado o a la geometría de las barras que configuran un dibujo previo (figura 5). En este momento es habitual que los zócalos estén formados por la superposición de chapas caladas, recortadas y decoradas mediante cincelado, curvado, etc. (figura 15).

El barrote afilado apenas tiene presencia en la vivienda colectiva y sí se encuentra laminado en los extremos fundamentalmente en las piezas que conforman la decoración de la cerrajería del último tercio del siglo XIX (figura 3).

Conclusiones

A modo de conclusión, se puede establecer la siguiente subdivisión:

Durante el primer tercio de siglo los balcones muestran el mismo ancho, el mismo vuelo y la mis-

ma decoración en cada una de las plantas del edificio; el apoyo del balcón tiene lugar a través de pletinas en U; la estructura de balcón es de hierro dulce, constituida por barrotes de sección circular machihembrados y remachados de pletina a pletina; y el zócalo está formado por piezas geométricas sujetas con alambre o abrazaderas, o es una pieza continua superpuesta al embarrotado y amarrada por abrazaderas.

En el transcurso del segundo tercio del siglo XIX disminuye el ancho y el vuelo del balcón y cambia la decoración al subir de planta; la planta primera puede presentar un balcón de mayor longitud y vuelo, un mirador (años 50) o un balcón corrido (años 60); el apoyo del balcón se produce a través de una doble pletina en la base para absorber el canto del solado; se utilizan otros sistemas de apoyo como el solado de piedra y el vuelo del forjado; el zócalo se independiza de los balaustres, desaparece el embarrotado e incluso el zócalo y se utiliza el remache abultado; y se empieza a usar la fundición en cerrajería, sobre todo en zócalos.

Ya en el último tercio del siglo XIX se permiten vuelos de hasta 90 centímetros en planta primera y calles de primer orden, con lo cual se necesita de escuadras de apoyo; en un mismo edificio se utiliza el balcón corrido en calle principal y el balcón aislado en calle de segundo orden; se hace uso del balcón corrido en todas las plantas, en ocasiones interrumpido por pilastras; en algunos casos desaparece el zócalo y los paños presentan una decoración de grandes formas geométricas con superposición de piezas cajeadas y remachadas, apoyadas en una retícula previa, o se trata de pletinas con formas geométricas remachadas entre sí; y a finales de siglo los zócalos muestran una superposición de chapas recortadas y repujadas.

Notas

1. Cervera Sardá 2006.

Lista de referencias

Azconegui Morán, F. y Castellanos Miguélez, A. (coord.). 1997. *Guía práctica de la forja artística*. León: Editorial de los oficios.

Berlinches Acín, Amparo (dir.). 2003. *Arquitectura de Madrid*. Madrid: Fundación COAM.

Castro Villalba, Antonio. 1995. *Historia de la construcción arquitectónica*. Quaderns d`Arquitectes. Barcelona: Edicions de la Universitat Politécnica de Cataluny.

Cervera Sardá, M.R. y Navascués Palacio, P. 1988. *El hierro en la arquitectura madrileña del siglo XIX*. Madrid: M.R. Cervera Sardá. Tesis doctoral ETSAM.

Cervera Sardá, M.R. 2006. *El hierro en la arquitectura madrileña del siglo XIX*. Alcalá de Henares: Universidad de Alcalá de Henares.

Maltese, Corrado. 1981. *Las técnicas artísticas*. 2ª edn. Madrid: Cátedra.

Olaguer-Feliú y Alonso, Fernando de. 2006. *Hierro, rejería*, en Historia de las artes aplicadas e industriales en España. Bonet Correa, Antonio (coord.). 5ª edn. Madrid: Cátedra.

VVAA. 1998. *La fabricación del acero*. Madrid: Unesid.

Intervenciones de reconstrucción y restauración en El Palacio Real de Valencia durante el siglo XV

Mercedes Gómez-Ferrer

El Real de Valencia en época medieval

Una de las posibles aproximaciones a un edificio desaparecido como es el caso del Palacio Real de la ciudad de Valencia es el estudio sistemático de las fuentes documentales y su cotejo con los restos gráficos que a él se refieren. Desde esta perspectiva, se pueden abordar aspectos que centrados en un análisis profundo de una amplísima documentación, permitirán ayudar a comprender el proceso de su historia constructiva, atendiendo como es el caso de interés en este congreso a aspectos relacionados con sus técnicas arquitectónicas.

El desaparecido Palacio del Real de Valencia era ya en el siglo XV un edificio con una larga historia. Su origen se remontaba a una antigua almunia o casa de recreo árabe, que tras la conquista cristiana de Valencia en 1238 se reconvirtió en palacio. En el siglo XIV se amplía para funcionar como residencia de los monarcas de la Corona de Aragón durante sus estancias en la ciudad de Valencia. Las destrucciones ocasionadas por las guerras con la Corona de Castilla motivaron que en el último cuarto del siglo XIV, en época de Pedro el Ceremonioso se realizaran importantes reformas que culminan durante el reinado del rey Alfonso el Magnánimo, siendo ésta una de las épocas más brillantes para el edificio. Posteriormente fue sede de la corte virreinal en el siglo XVI, con momentos de gran esplendor durante el virreinato del Duque de Calabria y de los sucesivos virreyes. El palacio nunca se dejó de utilizar y aunque cada vez se encontraba en condiciones de conservación más precarias se mantuvo como residencia habitable durante la época de los Capitanes Generales, hasta su demolición en 1810,[1] bajo el pretexto de evitar que los franceses se pudieran atrincherar en él y atacar la ciudad.

El Real de Valencia se situaba extramuros al otro lado del río y estaba comunicado con la ciudad por medio de un puente sobre el Túria. Gozaba de una extensión enorme, facilitada por su situación fuera del caserío, lo que permitió que fuera ampliándose y creciendo y llegara a contar con un frente de fachada de más de 200 metros, que nos da una idea de la magnitud del edificio. Rodeado de dilatados jardines, su arquitectura estuvo íntimamente ligada a los huertos, al agua, a las acequias, que transcurrían en torno a él y que remiten igualmente a su origen árabe. Las vistas hacia la ciudad y el mar, la variedad de plantas y árboles, las fuentes, su rica colección zoológica, fueron admiradísimos. No obstante, de su arquitectura encontramos pocas descripciones coetáneas y las conservadas, no ofrecían una imagen clara del edificio, precisamente por las numerosísimas transformaciones de las que fue objeto en su larga historia.

Tras las sucesivas ampliaciones y reformas realizadas a lo largo de los siglos XIII y XIV, el Real de Valencia, al comenzar el siglo XV, era un conjunto bastante coherente articulado en torno a dos cuerpos claramente diferenciados: la estructura primitiva, denominada «Real vell o petit», que si miramos el frente del palacio en los grabados conservados de su fachada o en los planos de los siglos XVI al XIX es el

pequeño cuerpo situado hacia la derecha proyectado hacia la plaza y la enorme mole del Real nuevo, a la izquierda, más cercana a la ciudad.

Éste último, el Real por antonomasia, se organizaba también con dos patios, el grande al que se accedía por la puerta principal y uno más reducido en torno al que se ubicaban las llamadas dependencias de la reina y la capilla alta dedicada a Santa Catalina. Ambos patios se configuraban con escaleras abiertas del tipo habitual en la Corona de Aragón, siendo la que subía a las habitaciones de la reina y capilla, una escalera que accedía a una galería con arquillos. La del patio principal daba entrada a las grandes salas de aparato donde se celebraban las fiestas y principales recepciones en el piso alto, mientras que la zona baja se dedicaba a dependencias de servicios, caballerizas, cocinas, estancias de mozos y servidumbre, despensas, etc.

El Real vell, más reducido, posiblemente fue el construido siguiendo la primitiva edificación, y en su momento, fue la parte más antigua del edificio. Se articulaba en torno a un patio y tenía en origen unas torres en las esquinas. Entre las torres, ocupando la planta baja de uno de los lados estaba la iglesia antigua y en otros, una serie de dependencias secundarias, todas ellas destinadas en sus inicios a las colecciones zoológicas, principalmente la denominada casa de los leones y la de las víboras, y posteriormente a caballerizas y establos, que completaban el conjunto. En la fachada trasera se situaba el bosque de naranjos y desde sus torres se gozaban de las mejores vistas, especialmente hacia el mar.

La fisonomía medieval del Real valenciano es difícil de apreciar en las imágenes gráficas que se han conservado de él. Los distintos cuerpos sufrirían rotundas transformaciones con el paso del tiempo y como la mayor parte de las representaciones son de época moderna, hay que abstraerse de las drásticas reformas que alteraron significativamente su aspecto. Algunos grandes elementos medievales fueron eliminados como la escalera abierta del patio principal que fue sustituida por una en caja cerrada, previa demolición de una serie de dependencias. Otras escaleras de caracol serían poco a poco reemplazadas por considerarse oscuras, estrechas e inconvenientes. Las ventanas con sus columnillas y arquillos se sustituyeron por balcones o huecos escuadrados. Muchos de los salones perdieron sus bóvedas originales o fueron divididos con tabiques y recortados en sus dimensiones por cielos rasos. La fachada medieval fue totalmente camuflada por la introducción de una galería de arcos en el frente principal. Los terrados fueron alterados y sustituidos por tejados a dos aguas y también las torres fueron modificadas.

Precisamente son los grabados del siglo XVIII y los alzados correspondientes a la campaña de planos de 1802 los que representan el frente de un palacio, por lo que debemos hacer abstracción de todos los añadidos setecentistas, para imaginar la impronta medieval.[2] Ésta sobre todo se deduce de las torres, que probablemente conservaron gran parte de su estructura medieval, con encadenados de sillares en las esquinas y almenas en los remates superiores, excepción hecha de la denominada torre del reloj, torre que pertenece al «real vell», que fue parcialmente modificada a comienzos del siglo XVIII introduciendo un chapitel con planchas de plomo en su remate. También la denominada torre de los Ángeles, la más importante del palacio, porque albergaba las habitaciones del rey, sería decorada con un enorme escudo que se aprecia en los grabados. El resto de los cuerpos del Real mantuvieron en parte los remates almenados y sobre todo se puede rememorar su imagen medieval a partir de las ventanas góticas, denominadas *finestres de corondes*, que solían tener una columnilla o varias columnillas en el centro sustentando arquillos lobulados. La galería de arcos y las ventanas cuadrangulares tras el balcón corrido fue lo que modificó esta imagen introduciendo un elemento de ordenación clásica.

En el presente trabajo no es posible hacer un estudio de todo el conjunto y se centrará en dos grandes reformas correspondientes al siglo XV. Son dos procesos de obras que se pueden considerar como de restauración de un edificio ya construido. Por un lado, la remodelación y reforma del denominado *real vell,* que se convertirá en el palacio del rey Alfonso el Magnánimo. Y por otro, la reforma más tardía de la denominada «sala de los marbres», ubicada en el lado este del patio grande, abierta hacia los jardines, que también sufre una gran restauración a fines del siglo XV.

La construcción de las cuatro torres del Real Vell (1423–1428)

El reinado de Alfonso el Magnánimo (1416–1458) abrió una de las épocas más brillantes para el Palacio

Real de Valencia. En Valencia, transcurrió la mayor parte de su estancia en la península en los años intermedios entre sus campañas italianas, donde residió entre 1424 y 1432. En 1424 se emprendería la reforma del «real vell», que constituyó la gran obra de su reinado. Cuando en 1432, el rey marcha definitivamente a Italia, aún no había concluido.

Coincidiendo con el regreso a la península del rey Magnánimo, a comienzos de 1424, se emprendió la reforma más significativa del Real de Valencia, a la par que se produjo el asentamiento casi permanente de la corte en esta ciudad. Aunque el rey Alfonso había llegado a Valencia en febrero de 1424, apenas comenzadas las obras de la que fue la primera de las torres del Real *vell*, ya se pudo instalar en el Real durante el invierno de 1425. Prácticamente residió en él, salvo por algunos viajes y campañas militares contra Castilla, hasta su nueva marcha a Italia en abril de 1432, de la que nunca regresaría. En estos años se ejecuta el grueso de la reforma del «real vell», que fue la más importante de cuantas obras se realizaron en el siglo XV en el palacio valenciano, suponiendo una ampliación sustancial en número de habitaciones y salas, asi como en dependencias de servicios. Esta reforma coincidió con la constante presencia de los reyes en el palacio, lo que les permitió seguir las obras de cerca. Prácticamente el rey vería comenzadas y concluidas las cuatro torres, y dejaría encargada una gran sala que daba a la fachada principal hacia el llano. La casi totalidad de la gran sala estaba terminada en 1447 cuando se produjeron los preparativos para la llegada de Juan de Navarra, hermano de Alfonso, que había vuelto a asumir desde octubre de 1445 las funciones de la lugartenencia general del Reino.

Por referencias sesgadas de años anteriores podemos deducir que el «real vell» era un edificio con torres en torno a un patio a donde se abrían las casas de los leones, establos, caballerizas, casas de los *scurços* (víboras), asi como algunos espacios de mayor relevancia como la capilla de Santa María y los Santos Juanes, posteriormente nombrada siempre como capilla de Nuestra Señora de los Ángeles, para diferenciarla de la de Santa Catalina en la piso principal de la zona de la reina. Algunos habían quedado casi inservibles por su mal estado de conservación, en especial las torres o eran excesivamente reducidos ante la amplia corte establecida y el renovado interés por los animales. En 1392, ya se daba cuenta del mal estado de las torres cuando unos marineros tuvieron que subirse a ellas para atar a sus almenas unas cuerdas que sustentaban un gran entoldado en el patio para que se celebrara en él el convite de Navidad.[3]

La reforma emprendida en el «real vell», supuso la sistematización de los apartamentos del rey, que hasta entonces únicamente contaba con la torre de los Ángeles y unas pequeñas habitaciones adyacentes. Esta torre, la principal del palacio, se situaba en la fachada, cercana a la entrada y se reconoce en los grabados por la adición de un gran escudo de época posterior. El resto de estancias en el real nuevo, en realidad, estaban ocupadas en su mayoría, por los apartamentos de la reina en torno al patio pequeño y por las grandes salas de aparato y salas destinadas a funciones públicas en torno al patio grande. La ausencia de unos apartamentos acordes para el monarca quizá sería la causa que motivó la total reforma de este espacio, que por su mal estado era prácticamente inservible. Por tanto, en primer lugar se realizó la conexión del núcleo del «real vell», con el resto del palacio, a través de un paso de comunicación conectando directamente con la denominada «cambra dels angels». Por otro lado, se produjo la propia reconstrucción de todo el núcleo del «real vell», con sus cuatro torres subdivividas por estancias interiores abovedadas y comunicadas por escaleras de caracol, nuevos terrados y remates de almenas, y salas entre las torres, una de ellas, la que daba a la fachada principal del palacio, con especial amplitud, conocida como «sala nueva». El patio se renovó con la construcción de arcadas en parte de sus lados, ampliando también la capilla vieja con una nueva sacristía. Por todo ello, las dependencias de servicios que habían ocupado anteriormente esta zona, se trasladaron y reconstruyeron un poco más al este, con nuevas caballerizas, establos, y casas de los leones. Esta obra fue completada por los que hasta entonces ya figuraban como maestros del Real, el maestro de albañilería Guillem Just, el maestro de cantería Miguel Navarro y un nuevo maestro carpintero, que a partir de ese año se convierte en el encargado de la realización de cubiertas y obras de madera significativas, Pascual Esteve. Estos tres maestros al frente de sus cuadrillas de obreros y aprendices, se hicieron cargo de toda la reforma del «real vell», y prácticamente de todas las obras importantes del Real hasta la década de 1440, en que fueron sustituidos por un nuevo grupo de maestros.

Las obras dieron comienzo en 1423, con el establecimiento de una comunicación definitiva entre el «real nou» y el «real vell», que quizá con anterioridad a este momento habían sido dos edificios exentos, independientes entre sí. El único posible punto de contacto se producía por un pasillo entre la «cambra dels angels» y la primera torre del «real vell», «pasatge de la cambra dels angels a la torre del real vell»[4] realizado por Miguel Navarro por el elevado precio de diez mil sueldos, una obra que suponemos de gran dificultad técnica. A través de este pasaje se accedía por un portal moldurado en sus dos caras, realizado también por el mismo cantero, a la estancia principal de la torre.[5] Presumiblemente, y aunque ya modificado, se trataba de la estancia citada con la letra F en el plano del piso principal de 1802, que comunicaba con la que entonces se denominaba G, dormitorio del rey Carlos III. Este pasaje, obra de cantería costosísima, debió realizarse a modo de puente con bóvedas rebajadas, quizá similar al construido en Barcelona en fechas inmediatas por Pere Joan. Por debajo de él, se pasaba al denominado callejón que daba entrada a los huertos y jardines.

Posteriormente comenzó la remodelación de las cuatro torres del real, que se fueron rehaciendo siguiendo el sentido contrario a las agujas del reloj, empezando por la situada junto a la puerta y por encima de la entrada de la capilla, que se consideró la primera torre. La segunda torre era la más avanzada y la que luego estuvo decorada por el reloj, lo que la distingue perfectamente en todos los grabados e imágenes de la fachada del real, la tercera sería la situada también en el frente de fachada y la cuarta, la trasera, situada dando hacia los jardines, por encima de la cabecera de la capilla. Por tanto, la primera y la cuarta, en realidad, resulta difícil identificarlas como torres en las imágenes posteriores del palacio, porque perderían la fisonomía de torres resaltadas cuando se construyeron salones entre ellas que fueron compactando las alturas.

Las torres se rehicieron por completo comunicando sus estancias con escaleras de caracol, que subían hasta los terrados. Las cubiertas de las habitaciones intermedias, la «baixa» y la «insana» (la baja y la del medio); es decir la del entresuelo y la del piso principal, se cubrían por bóvedas mientras que la «sobirana» (o superior), lo hacía con cubierta de madera, en tres de los casos y en el cuarto con bóveda de ladrillo. Por encima de esta última cubierta se pavimentó un terrado de ladrillos y se hicieron las almenas. Las habitaciones se dotaron de chimeneas, se pavimentaron con *rajoletes* de Manises y en ellas se abrieron portales que también se adornaron con las señales reales de madera pintadas. La mayor parte de las antiguas ventanas se tapiaron y se abrieron nuevas ventanas, con arquillos y columnitas de Gerona y con sitios en el interior.[6]

Se aprovecharon las estructuras antiguas, ya que las antiguas torres no se demolieron por completo sino que se recrecieron, en casi tres metros de altura,[7] lo que implicó la completa sustitución de las viejas cubiertas y la renovación de los terrados con sus nuevas almenas y antepechos.[8] Hay referencias a que la construcción de la nueva bóveda en la cuarta torre estaba a más de 12 palmos de altura que la anterior, por lo que se supone la necesidad de aumentar el tamaño de los muros. En este aumento se observa que se mantuvo su morfología, con tapia valenciana en los muros y encadenado de sillares en las esquinas. Los antiguos sillares se lavaron con arena, para blanquearlos y se perfilaron de nuevo, colocando los necesarios a continuación, al aumentar la altura de las torres.[9] En una de las torres, la cubierta superior se realizó también en ladrillo, a diferencia de las otras en las que se eligió un techo plano de madera. El conocimiento del diferente comportamiento estructural entre una cubierta superior realizada en madera y una realizada con bóvedas de ladrillo, llevó a los maestros a disponer de un elemento que aseguraba los empujes. En la última o cuarta de las torres reformadas, única cuya cubierta superior era de bóvedas se produce el encadenado de la torre con barras de hierro para evitar el empuje de las paredes,[10] con una descripción muy precisa del efecto que este encadenado produciría: «metre les barres de ferre per encadenar la dita torre per la volta sobirana ques a ha fer per ço que no puga empenyer les parets». No hay duda alguna al respecto ya que además se reitera en la documentación sobre la compra de *barres de ferro o cadenes de ferro* para esta torre.

La realización de los abovedamientos intermedios de las habitaciones en el interior de las torres es quizá uno de los aspectos más destacados de la reforma del *real vell*, ya que supone una generalización de las técnicas tabicadas,[11] que se habían comenzado a utilizar en el palacio valenciano hacia 1382. De esta fecha es la mención de la ejecución de unas bóvedas descritas en una carta escrita por el rey Pedro el Ce-

remonioso y dirigida al merino de Zaragoza que se encontraba al frente de la administración de las obras de la Aljafería. En ella le instaba a enviar al maestro de obras, el sarraceno Faraig y a otro de los maestros que allí se encontraban, y también si quería que fuera él mismo, a Valencia, para que vieran y reconocieran una obra de yeso y ladrillo que se realizaba en el Real valenciano, y que era de mucho éxito, muy fuerte y de poco gasto, y así pudieran aprender a hacerla y que la copiaran en Zaragoza. Sin duda una obra tabicada que realizaba el maestro Johan Franch, el mismo a quien se había documentado en esa fecha haciendo las bóvedas tabicadas de una de las capillas del convento de Santo Domingo.

La ausencia de menciones de canteros en contabilidad de las torres y la única referencia a compras de ladrillos, yeso y cal, no ofrecen lugar a duda de que se trata de bóvedas enteramente ejecutadas en ladrillo, sin nervios de piedra y posiblemente con formas aristadas. La indicación de que se trata de bóvedas tabicadas viene expresada por los cuadernillos de obras referentes a la segunda, tercera y cuarta torres. El dato más elocuente lo constituyen las expresiones que se utilizaban para describir las tabicadas, ya que en ellas se menciona, «doblar de rajola» o «fer volta de tres dobles». Esta expresión es concluyente puesto que se trata de una palabra aún viva que se utiliza hoy, y que también se aplicaba en el siglo XVI a las bóvedas tabicadas. Además especifica el material con el que se dobla la bóveda, el ladrillo o la utilización de tres rasillas de ladrillos en el caso de la realización de una bóveda con tres dobles.

La presencia de bóvedas tabicadas es generalizada en las diversas partes del edificio. Los pasos de comunicación entre las torres también se cubrían con bóvedas tabicadas e igualmente fue de ladrillo tabicado la bóveda de la sacristía, realizada en junio de ese mismo año, «doblar de rajola la volta de la dita sacristia». La velocidad a la que se construyeron las bóvedas de las torres explica el éxito de esta técnica, en apenas 10 días se habían hecho dos bóvedas en la segunda torre. Una cronología parecida se observa en la construcción de las bóvedas de la tercera torre en el año 1427. La secuencia de construcción parece confirmar claramente algunas de las ventajas que se han mencionado para esta técnica, ya que se construyen las tres bóvedas de la torre en apenas 5 días. El 24 de noviembre de 1427 se colocaban los primeros andamios y cimbras, el 26 de ese mes se estaba obrando la primera bóveda que quedaba concluida al día siguiente, a falta del jaharrado de yeso. Ese mismo día, 27 de noviembre se empezaban a poner los andamios y cimbras para la segunda, que el día 29 ya se estaba acabando, «acabar de doblar de rajola la segona volta e fer los revoltons per egualar la dita volta»,[12] al tiempo que se montaban los andamios y cimbras para la tercera. La construcción propiamente dicha había quedado concluida el día 2 de diciembre a falta del jaharrado y algunos otros detalles como la cubierta final de madera que remataba la torre. Por tanto, una técnica rápida, resistente y de poco gasto.

En otro orden de cosas, se seguía la reforma interior del patio de las torres, con la ejecución por parte del cantero Navarro de tres arcos de piedra a la entrada del *real vell* y otros tres por delante de esta entrada.[13] Si la entrada era por el oeste, en el espacio que daba hacia la rambla y fachada principal del palacio, imaginamos un zaguán con tres arcos y otros tres arcos dando directamente al patio. Este zaguán se encontraba comunicando la torre primera y la segunda que es la que se construyó a lo largo de 1425. Este espacio fue totalmente reformado a fines del siglo XVI con la construcción de un nuevo acceso o portal de piedra cuadrangular que debió sustituir la puerta original, y con la reforma de la escalera, que se construyó a la castellana, en caja cerrada. En esa campaña de obras, se mencionan reformas en los tres arcos medievales que fueron sustituidos por nuevos arcos sobre pilares con sus capiteles clásicos

Por otro lado, se comenzaron a construir los pasos entre las torres, con dos grandes diferencias. Los llamados pasos grandes debían ser unas galerías con arcadas en los lados rectos del patio, ya que se describen con arcos de piedra sobre pilares, y con abovedamientos de ladrillo tabicado,[14] con antepechos de piedra, unidos entre sí por grapas de hierro emplomadas, para evitar la oxidación y con sus piedras perfiladas.[15] Y los denominados *passets*, que aunque pequeños eran los más interesantes, porque se trataría de una de las más tempranas indicaciones de pasos sobre trompas, cubiertos igualmente con bóvedas de ladrillo tabicado. Uno de ellos, era perfectamente visible aún en la campaña de planos de 1802. Situado en la esquina noreste del patio pequeño, se distingue tanto en el perfil cortado por la linea 1,2,3 como en el plano de planta superior. Se trata de un paso en esquina volado, presumiblemente sobre

trompa, que comunicaba lo que entonces era la cocina de verano con el comedor.

La iglesia baja dedicada a Santa María y los Santos Juanes, también se tuvo que remodelar con la sustitución de la cubierta de madera debajo de la primera de las torres. Por otro lado, se facilitó la comunicación entre la iglesia y una de las estancias de la torre sobre la sacristía abriendo una ventana enrejada de carácter interno, para que el rey pudiera oir misa.[16] Esta disposición era bastante similar a la que más tarde se ejecutó en la capilla real del convento de Santo Domingo, que también dispone de una estancia sobre la sacristía con una pequeña ventana sobre la capilla. Por tanto, este elemento pudo servir de modelo para la capilla real, aunque se ha discutido su función que no es del todo clara.[17] En el caso de la iglesia del Real, sabemos que la estancia sobre la sacristía era un lugar de retiro para el rey y que podía escuchar la misa desde allí sin ser molestado. Una posible explicación al renovado interés del Magnánimo por la iglesia del «real vell», puede estar relacionada con el uso cada vez más exclusivo de la capilla de Santa Catalina por parte de la reina, que la tenía más cercana a sus aposentos, hasta el punto que en alguna ocasión se menciona como capilla grande de la reina,[18] para diferenciarla de su oratorio o capilla privada.

Prácticamente con el grueso de las obras terminadas, se produce la definitiva marcha del rey a Italia. Posiblemente, unos días antes de partir dejó encargada la realización de una gran sala entre las torres segunda y tercera o torres esquineras que daban a la fachada principal, sala que dio comienzo en abril de 1432. Con la decisión de construir esta sala ya tomada, cuya obra se prolongará a lo largo de la década de 1430, y por decisión expresa del rey, se mandó realizar unas maquetas o «mostres de les quatre torres» a fines de 1433 para ser transportada a Sicilia, donde había llegado el rey en julio de 1432.[19] Este carpintero que no había trabajado en otras obras del Real, parece que tuvo el encargo expreso de la construcción de la maqueta y el trabajo personal de llevarla él mismo para mostrarla al rey. Quizá estas muestras o maquetas pudieron estar relacionadas con la forma definitiva que adoptaría todo el conjunto del real vell, tras la decisión tomada apresuradamente antes de su partida de construir unas salas entre las torres. Recordemos que estas salas apenas se acababan de plantear y su proceso constructivo fue extremadamente lento. La primera de ellas paralela a la fachada principal, apenas si se había iniciado cuando el rey se marcha, y la segunda parelela al lado este del patio, aún tardaría unos años en comenzarse. Por tanto, más que las maquetas de las cuatro torres deben interpretarse como las maquetas del conjunto del «real vell», a partir de la propuesta de construcción de unas grandes salas en el piso principal comunicando las torres entre sí. El rey por tanto pudo aprobar desde Italia el modelo de un espacio que finalmente sería conocido como el real del Magnànim, porque podemos considerarlo prácticamente una obra debida enteramente a sus intereses. Pudo haber varias propuestas para la realización de estas salas, y quizá el rey quería opinar sobre cual de las dos o más propuestas que representaban las mostras se debían optar.

La reforma de la Sala o casa dels marbres

Una de las salas más interesantes del palacio Real se situaba en la parte este del gran patio dando hacia los jardines de esta zona. Son unos espacios que fueron parcialmente excavados en la primera campaña de excavaciones arqueológicas en 1986–89 realizada con motivo de la construcción del colector que se abrió en la calle General Elio. Estas estancias en los planos de 1802 aparecen definidas como archivo, aunque pasaron por numerosas funciones. Las salas en la documentación correspondiente al siglo XV se reconocen como la «casa dels marbres» que se ubicaba abierta a los jardines u «orts dels marbres» caracterizados por la presencia de una pequeña alberca rectangular delante justo de un pórtico que conectaba las habitaciones internas con el jardín exterior. Esta pequeña alberca, hallada en la excavación arqueológica, es también perfectamente perceptible en la campaña de planos del siglo XVI, no así en la de 1802 en que no se detalla.

Las descripciones de esta sala de los mármoles, donde se encontraron capiteles de época califal de hacia el siglo X y un fuste de columna de mármol de cronología incierta, (siglos XIII-XIV), advierten de la existencia de yeserías y en efecto, fueron localizados restos de yeserías, muy fragmentados, que formaban parte de la decoración mural de una de las habitaciones, con una composición decorativa con esquema de lazos de a ocho. Otros restos materiales hallados demuestran que se habían realizado importantes intervenciones en el siglo XV, como denota el

arranque de una monumental portada, con molduras góticas poligonales. Esta portada sería sucesora de un amplio pórtico anterior, quizá de la cronología inicial que venimos señalando, que se abría a los jardines. Este pórtico daba paso en origen a una habitación cuadrangular central a la que se abrían dos salas cuadrangulares, que estarían a su vez subdivididas por arcos, tal y como aparecen en la descripción anterior. Conformaría un espacio ordenado, de manera bastante similar a la de otros palacios remodelados en época taifa, cuya ordenación arquitectónica siguieron manteniendo palacios cristianos, hasta bien entrado el siglo XIV. En este sentido, se ha pensado en una posible relación con las salas del pórtico norte de la Aljafería del siglo XI: una sencilla estructura tripartita, con gran salón en el centro, que en la Aljafería también se denominaba «salón de los mármoles» y dos aposentos laterales, que posiblemente tuvieron una función de alcobas privadas, y que en origen también se decoraron con yeserías. El gran salón se abría en pórtico al exterior mediante arcos polilobulados y mixtilíneos, arquerías que se prolongan por los costados y que en el caso de la Aljafería aún se conservan.

Mayor dificultad ofrece recomponer la imagen de la parte alta de esta zona, ya que fue totalmente remodelada en épocas posteriores. Las descripciones del siglo XV mencionan la existencia de una galería, quizá por encima de la sala rectangular central, que con el tiempo sería cegada, denominada mirador, y situada por encima de los arcos de la parte baja.[20] En este caso, la Aljafería tampoco proporciona un modelo adecuado porque la parte alta de los salones taifales fue totalmente reconstruida en el periodo de los Reyes Católicos con la realización de una gran galería columnaria y nuevos salones

La «casa dels marbres» sufría considerablemente por la cercanía de la enorme cocina del palacio que se encontraba inmediata a ella, cerrando la esquina noreste del patio principal del Real. En 1481, el entonces maestro de obras, Francesc Martínez Biulaygua, prestigioso albañil de la Valencia del siglo XV, en colaboración con el pintor de la ciudad Joan Martí, emprendió la reforma de ambos espacios. Se procedió a reparar con yeso y cal, para recuperar el color blanco, los arcos, las bóvedas y las paredes, que estaban oscurecidos por el humo, «fumats e maltractats».[21] La restauración es descrita de forma bastante minuciosa,[22] señalando como los arcos fueron primero repasados con vinagre y almagra, y luego cubiertos de yeso blanco. En las paredes se diferenció entre la parte baja que se reparaba con yeso y cal, y la parte alta que sólo se reparó con yeso, lo que nos confirma nuevamente la presencia de yeserías.[23] Además se repavimentó la estancia con rajoletes de Manises. Toda la zona de huertos próxima a esta sala también se reformó, rehaciendo las paredes en la parte baja del arco que se abría a estos huertos y en la parte alta hasta el mirador, y la alberca que estaba delante.[24] También se restauró la comunicación entre estos espacios y la *cambra dels angels*.

La gran cocina con su chimenea octogonal que se ubicaba contigua a la *casa dels marbres*, se reconstruyó totalmente, quizá mejorando el tiro para evitar los humos. Se renovaron por completo los arcos de piedra que la sustentaban y la campana gigantesca realizada en ladrillo. La obra dirigida por Biulaygua fue muy compleja y empleó tanto a canteros para la construcción de los arcos que en la parte baja sustentarían la campana,[25] como albañiles de su comitiva, que colaboraron en la realización de la bóveda de la chimenea de ladrillo tabicado y reparado.[26] Todo ello implicaba el consiguiente recrecimiento de las paredes que se realizaron de tapia valenciana, la cubierta de la cocina, las ventanas y otros elementos de la misma.

Conclusiones

Las obras emprendidas durante el siglo XV para remodelar estancias ya existentes en el Palacio Real denotan un conocimiento muy detallado de las técnicas constructivas, tanto para el recrecimiento de muros, con técnicas de tapial, reforzado con encadenados de sillares y abrazaderas de hierro en la parte superior, como en el empleo de las técnicas tabicadas para los abovedamientos. Por otro lado, consta el interés por recuperar la blancura y texturas de superficies enyesadas que fueron muy apreciadas en la época.

Notas

1. Sobre la demolición ver Gómez-Ferrer, M., «Destrucciones en el Patrimonio arquitectónico de la Comunidad Valenciana durante la guerra de la Independencia» (en prensa).

2. Sobre el palacio, Gómez-Ferrer, M. y Bérchez, J., «El Real de Valencia y sus imágenes arquitectónicas». Reales Sitios, 4 trimestre, año XL, nº 158: 33–47; y VV.AA., *El Palacio Real de Valencia. Los planos de Manuel Cavallero (1802)*, Ajuntament de Valencia, 2006.
3. ARV, Mestre Racional, 9157, año 1392, «pagues fetes als mariners que posaren les veles en lo real vell, se pagó a 10 mariners los quals muntaren ab gran perill en les torres velles del Reyal del Senyor Rey per a ligar e fermar libans ab moltes cordes als murons de les dites torres per tenir una vela gran de nau que y posaren per cubrir lo dit palau vell per raho del convit quels senyor rey feu en festes de Nadal a alguns cavallers e ciutadans de la dita ciutat e amoltes altres notables persones com cuynassen en lo dit palau vell».
4. ARV, Bailia, 44, El 9 de junio de 1423 Miguel Navarro cobra cien libras de los 10.000 sueldos que se le deben de «obra o passatge ques fa de la cambra dels angels a la torre del Reyal vell».
5. ARV, Bailia, 44, El 15 de diciembre de 1423, Miguel Navarro cobra 2160 s. «Pro salari e treballs de fer dos finestres ab una coronda e un portal ab dues cares en la torra del real vell que respon damunt lo terrat de la eclesia del real e repicar una finestra qui es al cap de la sala que respon al viver e metre corondes en aquella».
6. ARV, Mestre Racional, sig: 9207, 21 de abril de 1428, «tancar de morter ab rajola una de les IIII finestres qui eren en la dita torre e arrancar terra per a tapiar e fer bastiments per tancar les finestres de la dita torre».
7. ARV, Mestre Racional, 9207, 17 de junio de 1428, «continuar de pahimentar la dita casa e reprar aquella e reparar les lexes que eren romases de la cuberta vella de la dita torre per tant com la volta sobirana puja pus alt que la vella mes de XII palms».
8. ARV, Mestre Racional, sig: 9206, «tapiar lo apitrador e merlets de la segona torre e repicar e lavar los cantons de la dita torre e picar los grahons de la escala de la dita torre».
9. ARV, Mestre Racional, sig: 9207, datos de compras, «a obs de fer bastiments per repicar los cantons de la dita quarta torre» «terra de la pedrera per obs de lavar los cantons de la dita torre» «terra de la pedrera per obs de blanquejar los cantons de la dita torre».
10. ARV, Mestre Racional, sig: 9207, 23 de junio de 1428, «metre les barres de ferre per encadenar la dita torre per la volta sobirana ques a ha fer per ço que no puga empenyer les parets».
11. Sobre las técnicas tabicadas en el Palacio Real ver Gómez-Ferrer Lozano, Mercedes, «Las bóvedas tabicadas en la arquitectura valenciana durante los siglos XIV, XV y XVI» en *Una arquitectura gótica mediterránea*, vol. II, Valencia 2003, 133–156, con todas las referencias de archivo.
12. ARV, signatura: 9158, 29 de noviembre de 1427.
13. ARV, Bailia, 44, 3 de enero de 1425, a Miguel Navarro, 500 s. De la obra a estall en lo real vell, de sis archs de pedra picada tres archs a la entrada del dit real vell e altres tres (roto)nt la dita entrada» no podemos precisar más sobre esta obra porque no conservamos ninguna otra información sobre la misma. Puede ser (damu)nt o quizá (dava)nt, que tiene más sentido porque sigue la lógica de la sucesión de arcos en los patios.
14. ARV, Mestre Racional, sig: 9206, son continuas las alusiones a «cobrir de rajola la dita volta com se continue de cobrir de tres dobles», «arrasar e doblar la segon volta del primer pas de les dites torres»...
15. ARV, Mestre Racional, sig: 9206, 21 de junio de 1425 «metre les taules de pedra en lo primer pas e apitrador e engafar aquelles ab gafes de ferre» 23 de junio de 1425, «metre les gafes e emplomar aquelles en lo apitrador del primer pas» 26 de junio de 1425, «pahimentar e reparar e mestre gafes en lo segon passet».
16. ARV, Mestre Racional, sig: 9207, pago por 4 de mayo de 1428 «començar a picar la pedra per obs de fer una finestra que es estada uberta damunt la sacrestia qui respon dins la capella davall la torre per on lo senyor rey oia misa», «les rexes de ferre qui foren meses en la finestra qui es dessus lo pas de la dita quarta torre qui respon en la capella de Senta Maria e de Sent Joan Baptista e Evangelista on lo senyor rey oia misa».
17. ARV, Bailia, 44, se repite el pago al cantero en 28 de mayo de 1428, «a Joan Sanchis, per pedra a obs de una finestra que es estada feta damunt la sacrestia que respon a la capella que es dessus la quarta torre del real vell».
18. Así aparece mencionada varias veces en los libros de Mestre Racional de la década de 1450
19. ARV, Bailia, 45, 20 de febrero de 1434, dato ya presente en J. Sanchis Sivera, «La escultura..., 16–17, «an Joan Benet fuster de la ciutat de Valencia, 185 sous, cent sexanta cinch per salari de mi de tres mesos dins los quals he anat al senyor Rey en lo Regne de Sicilia hon lo dit Senyor a present es, ab les mostres de les obres de les quatre torres fetes e obrades en fusta per mostrar aquelles al dit senyor rey e vint sous de un quintar de bescuit que ha costat per a obs de la provisio mia en lo dit viatge».
20. ARV, Bailia, 54, 2 de julio de 1482, «reparar a estall les parets del ort del bosch dels tarongers del dit Reyal que es davant la cambra dels marbres de baix del arch e desus aquell fins al mirador, e per alfardons e rajoletes mestres que yo he venut per paymentar la naya del pas prop la cambra dels angels e lo safareig del brollador».
21. Estas obras se encuentran solamente en los libros de ápocas de la Bailia, ARV, Bailia, 54, pago de 11 de

agosto de 1481 a Francesc Martínes alias Biulaygua, de «reparar la volta e parets que son entre dos archs entre la cambra dels marbres e l'ort del bosch del Reyal que eren tots fumats e maltractats».

22. ARV, Bailia, 54, 3 de octubre de 1481 pago a Joan Marti, pintor de la ciutat, «per treballs e despeses de enguixar de blanch los archs que son en la cambra dels marbres e apres de aquella ver l'ort que eren carregats de fum e foren primer pasats ab vinagre e almanguena e encara per enguixar de blanch les parets de la dita cambra de mig en amunt com daqui avall sia stat reparat de algeps y cals per lo mestre de la obra».
23. ARV, Bailia, 54, 3 de octubre de 1481 pago a Joan Marti, pintor de la ciutat, «per treballs e despeses de enguixar de blanch los archs que son en la cambra dels marbres e apres de aquella ver l'ort que eren carregats de fum e foren primer pasats ab vinagre e almanguena e encara per enguixar de blanch les parets de la dita cambra de mig en amunt com daqui avall sia stat reparat de algeps y cals per lo mestre de la obra».
24. ARV, Bailia, 54, 2 de julio de 1482, «reparar a estall les parets del ort del bosch dels tarongers del dit Reyal que es davant la cambra dels marbres de baix del arch e desus aquell fins al mirador, e per alfardons e rajoletes mestres que yo he venut per paymentar la naya del pas prop la cambra dels angels e lo safareig del brollador».
25. ARV, Bailia, 54, 25 de septiembre de 1481, «per obs de fer dos archs grans en la cuyna e altre chiq sobre lo qual es bastida la ximenea ab ses copades e hun rastrell que es en lo cancell de la cambra dels marbres», un pago retrasado a Biulaygua informa que él preparó los cimientos de estos arcos, Bailia, 54, 2 de julio de 1482 «per fer fonaments e metre pertrets en aquells dels dos archs de la dita cuyna nova».
26. ARV, Bailia 54, ápoca de 2 de julio de 1482 a Francesc Martínez alias Biulaygua por todas las obras que había hecho con anterioridad a esa fecha, por un total de 2260 sueldos, «ha obrat a estall la cuyna nova en lo apartament de la senyora reyna, per fer les parets de tapies ab fonaments totes de crosta que foren totes noranta tres parades, per reparar a estall la cambra dels marbres tota ma despesa fins a les represes de les voltes de aquella, per haver respallat a estall los archs de pedra e per muntar dos parades dalt la paret detrás on ses obrada la cuyna e fer la chimenea de rajola dobla e damunt closa de barandat fins a dalt e per bastir la cuberta de jacenes, bigues e cabirons e rajola e desus la rajola de teules entrebigades e ab ses bardes e canals segons se pertany e reparar totes les parets de dins e de fora de la dita cuyna e chimenea e fer finestres en aquella, e per fer dos arquets dins la dita chimenea del arch de pedra a la paret e abaxar la paret vella e per fer safareig e amprius en la dit.

La carpintería de armar en los tratados ingleses del siglo XVIII

Mª Isabel Gómez Sánchez

En el siglo XVI, bajo la dinastía de la Casa Tudor, la situación geográfica de Inglaterra le permitió permanecer al margen de los conflictos bélicos que se dirimían en Europa. La reforma anglicana y la ruptura con Roma se produjo en un momento en que precisamente era Italia el país que dominaba el panorama artístico en el viejo continente; pero supuso no obstante un importante período de desarrollo económico y social. La arquitectura evoluciona notablemente en este tiempo, si bien esta evolución tiene lugar en paralelo con la que a su vez experimenta en el viejo continente, y el aislamiento de Inglaterra se hace notar tanto en las obras construidas como en los textos que las recogen o pretenden orientarlas.

Pero pese al distanciamiento político, los hombres más cultos nunca dejaron de interesarse por el arte que se desarrollaba en Europa. De hecho el primer tratado de arquitectura inglés publicado, *The Elements of Architecture* (Sir Henry Wotton 1624), una obra teórica de gran influencia en la época, introdujo el gusto por la arquitectura italiana de Palladio (1508–1580). El palladianismo será el estilo dominante en el país durante los siglos XVII y XVIII, llegando a eclipsar la influencia del barroco europeo en este tiempo. A su difusión contribuyó especialmente la arquitectura de Iñigo Jones (1573–1652), tras sus viajes a Italia y el estudio de la obra de Palladio.

La construcción con madera en los textos

En relación con el carácter de las publicaciones que tratan el tema de la carpintería, hay que señalar la especificidad que adquieren en Inglaterra aquellas que se dedican a servir de referencia a la construcción práctica. Nada tienen que ver los tratados teóricos de arquitectura con los manuales y textos prácticos; aunque éstos son los que de hecho permiten materializar las teorías a través de las obras, la separación de contenidos de unos y otros es rotunda y mucho mayor que en los tratados de arquitectura del Renacimiento italiano o del Barroco francés.

En los primeros, junto al estudio obligado de los órdenes clásicos siempre había un hueco para hacer referencia a especies de madera, soluciones de armaduras o sistemas de unión de piezas; en los textos franceses del XVIII, aun cuando se trata de obras especializadas, no se tiene conciencia de que convenga separar enfoques, sino que por el contrario los tratados de construcción buscan soluciones capaces de dar respuesta a la evolución de tipos planteada por los nuevos condicionantes formales; y de igual manera muchos tratados de arquitectura continúan incluyendo consejos constructivos.

La construcción con madera está presente en distintos tipos de textos. Hasta el siglo XVII solamente se tiene constancia de la publicación de algunos *manuales* y pequeñas guías de construcción: los tratados ma-

nejados eran los clásicos importados de Europa, especialmente de Italia. Pero a partir del XVIII los textos ingleses de arquitectura y construcción pasan a ocupar un lugar relevante, e incluyen interesantes propuestas específicas de tipos y soluciones de estructuras.

Estos nuevos tratados conviven con los manuales, que no dejarán de estar presentes a lo largo del período, y en todos ellos destaca la preocupación por la utilidad de sus indicaciones. Si la finalidad práctica es una característica intrínseca de cualquier tratado de construcción, en los ingleses lo es si cabe más que en resto de los europeos en general.

La primera publicación impresa que aborda el tema es *Specimens of Ancient Carpentry* de James Smith, un pequeño escrito de historia de la construcción, que presenta ordenadamente las soluciones de armaduras tradicionales inglesas. Pero no será hasta el siglo XVIII cuando se publique el primer *tratado específico* de carpintería (Francis Price 1733); en Inglaterra no encontramos esos primeros textos que en el caso de España y Francia recogían las prácticas de la carpintería medieval (los de Mathurin Jousse y López de Arenas respectivamente). El de Price, aunque presenta obras anteriores, nace con vocación de ser un tratado moderno especialmente interesado por los tipos nuevos, y de servir a la práctica del oficio con indicaciones de proyecto sencillas y claras.

Ya en la segunda mitad del XVIII, entre los manuales de carpintería destacan los de William Pain y el tratado de Peter Nicholson. Pequeños y manejables, concretos y, sobre todo, muy prácticos los primeros, y algo más técnico el segundo, todos ellos se caracterizan por la exposición gráfica de contenidos, su carácter global y de nuevo la búsqueda de propuestas y reglas de fácil aplicación directa.

Otro tipo de textos que ofrecen interesantes contenidos sobre carpintería de armar lo constituyen los *tratados de arquitectura militar*. En Inglaterra en esta época destaca el de John Muller, que además curiosamente tuvo bastante influencia en nuestro país. Su carácter y objetivos, así como la incorporación de contenidos técnicos supondrán un avance importante para el desarrollo de nuevas soluciones de estructuras de madera.

ANTECEDENTES

- Desde el siglo XVI los primeros manuales prácticos de construcción se dedicaron a la medida y estimación del coste de las obras, que en el caso de la madera tiene mayor dificultad que en otros oficios, debido a la irregularidad del material. Estos manuales solían proponer como unidad de referencia la pieza de 1 × 12 pulgadas de sección y un pie de largo, muy diferente de la unidad de volumen de los textos franceses, una pieza de tres pies cúbicos cuyas proporciones sufren apenas variaciones de unos autores a otros: Gautier (1716) la denomina vigueta o *solive*, y la describe como un elemento de 6 × 6 pulgadas de sección, y dos toesas de longitud; coincide con la *piece* de Savot (1624) y de Fourneau (1767–68), de seis pulgadas de escuadría y doce pies de longitud; que es como también las denomina Jombert (ed. de 1764).
- En el XVII se editaron en Inglaterra numerosos textos de este tipo, de pequeño tamaño y pensados para ser utilizados a pie de obra. La falta de conocimientos de aritmética de los carpinteros dificultaba enormemente la explicación de posibles métodos de cálculo; en su lugar, las guías prácticas proponían aplicar construcciones geométricas sencillas, y sus indicaciones de «proyecto» se limitaban a tablas con relaciones de piezas correspondientes a los tipos y dimensiones más empleados en la práctica, y sólo en ocasiones algunos elementos irregulares de cálculo más complejo. Solían incluir asimismo valores de precios de los materiales, con los que poder calcular fácilmente el coste de las obras.

Aparte del tratado de Palladio, del que en este tiempo solamente se había traducido al inglés el *Primer Libro* (Richards, 1663), las primeras referencias sobre construcción con madera en edificación se encuentran en *Mechanick Exercises* (1677–1680) de Joseph Moxon, una guía que reúne artículos sobre las prácticas de herreros, ebanistas, carpinteros y torneros, y anticipa un tipo de publicación muy habitual a lo largo de todo el siglo XVIII. Incluye glosarios de términos específicos para cada oficio y presta especial atención al tema de las herramientas.

En el caso de la carpintería, se ocupa tanto de la de taller (escaleras, puertas y ventanas) como especialmente de los forjados, y enuncia una serie de «reglas

generales» que no son sino consejos constructivos que incluyen longitudes máximas de las piezas principales que trabajan a flexión (nueve y diez pies para cabios de armaduras y viguetas de forjado respectivamente), con separación de doce pulgadas en ambos casos, y una solución de forjado para una crujía de veinticuatro pies de luz.

Para el dimensionado de elementos se propone aplicar las tablas de secciones recomendadas por el Parlamento de Londres para la reconstrucción de la ciudad tras el gravísimo incendio que sufrió en 1666.

Los primeros textos del XVIII y el tratado de carpintería de Francis Price

- En el siglo XVIII los manuales experimentan un avance notable. Mejora el número y la calidad de las ilustraciones y los detalles constructivos, y la geometría práctica pasa a convertirse en un tema fundamental. Ya en la obra de Halfpenny (*The Art of Sound Building*, 1725) se insiste en la necesidad de instruir a los carpinteros en materia de geometría, pero no presta excesiva atención a los problemas constructivos. Francis Price será el primer autor que tratará ambos aspectos conjuntamente y de forma equilibrada. Su *Treatise on Carpentry* es un completo manual práctico de carpintería que incluye dibujos claros y sencillos, acompañados de un breve y no menos claro texto explicativo.

Prácticamente en la misma fecha en que se publica el tratado de Price, aparecen dos obritas de James Smith: *The Carpenter's Companion* (1733) y uno de los primeros textos de historia de la construcción, *Specimens of Ancient Carpentry* (1736), que recoge ejemplos de armaduras medievales. Aunque es tan sólo una recopilación de láminas sin análisis técnicos ni indicaciones de trazado o dimensionado, permite conocer algunos tipos utilizados tradicionalmente en Inglaterra. A saber: armaduras de palomillas para cubiertas a dos aguas (todavía en esta época con pendientes próximas a los 45 grados) y soluciones de armaduras radiales de pendolón para cúpulas, con los tirantes más o menos elevados según se requiera o no dejar diáfano el espacio interior.

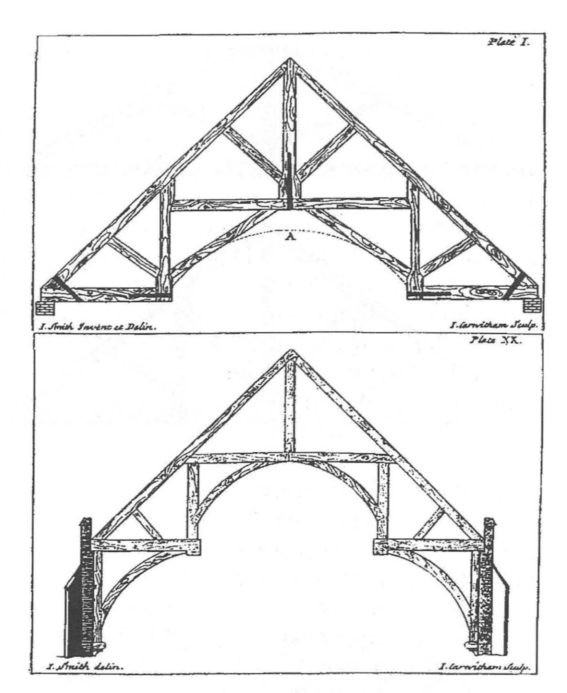


Figura 1
Armaduras de palomillas: propuesta de Smith (sup.) y ejemplo de Westminster School (inf.) (Smith 1736)

Pero poco más aportan estos textos en relación con el proyecto de estructuras de madera. Sí lo hará en estos mismos años el mencionado tratado de carpintería de Francis Price (*A Treatise on Carpentry*, publicado en Londres en 1733, y al que se añadió el sobretítulo *The British Carpenter* desde la segunda edición de 1735), que es de hecho el primer tratado específico sobre este tema publicado en Inglaterra.

Pese a que no fue escrito para mostrar las técnicas tradicionales del oficio, sino las nuevas soluciones empleadas en la época, su claridad, simplicidad y utilidad práctica lo convirtieron en una obra de gran éxito, que fue reeditada en cinco ocasiones en el siglo XVIII (1735 / 53 / 59 / 65 / 68). Aunque presenta obras anteriores, muestra particular interés por el desarrollo de nuevos tipos, para cuyo proyecto propone reglas de trazado, especialmente en el caso de las armaduras, y tablas de dimensionado de piezas.

Como señala el propio Price en su declaración de objetivos, pretende proporcionar reglas útiles basadas en la experiencia y dirigidas a teóricos y prácticos del

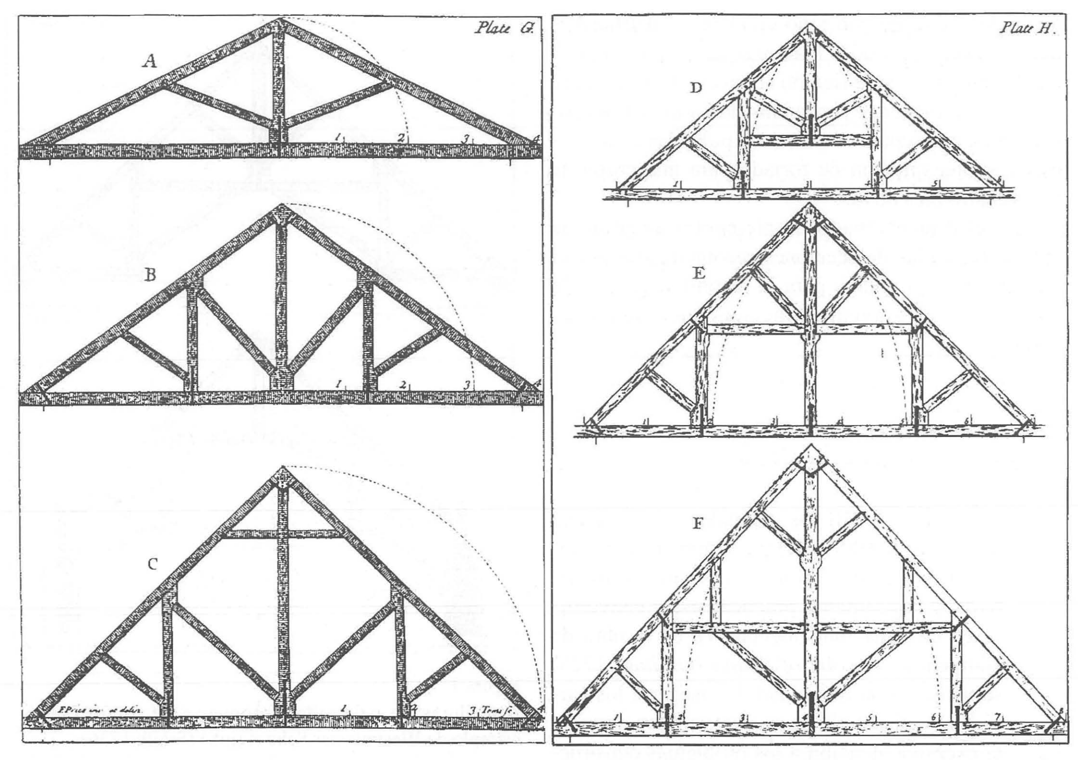


Figura 2
Reglas geométricas de trazado de armaduras: soluciones de pendolón (izq.) y armaduras de dos péndolas (dcha.) para plomo, teja y teja plana (Price 1733)

oficio, acompañadas por láminas que «no requieran ninguna otra explicación, aparte de su cuidadosa observación».

La mayor extensión la ocupa la parte dedicada a las *cubiertas.* En este sentido, y como no podía ser de otra manera puesto que las armaduras de cubierta son las estructuras de madera que en edificación resultan más complejas y ofrecen mayor cantidad de soluciones posibles, coincide con los tratados europeos. Recoge armaduras italianas basadas en el empleo de celosías (de pendolón o de dos o más péndolas dependiendo de su tamaño y de la necesidad de liberar el espacio bajo cubierta). Permitían salvar luces y soportar cargas considerables utilizando piezas de menores dimensiones que las de las armaduras tradicionales de pares y pendiente elevada (sólo comparables al caso específico de las *hammer beams* o armaduras de palomillas), por lo que supusieron un notable avance en el diseño de estructuras de cubierta. Las cerchas de celosía con correas en sus distintas variantes serán de hecho la tipología empleada en las cubiertas de madera inglesas hasta la introducción del hierro en el siglo XIX.

La celosía se aplicó igualmente a la construcción de *entramados verticales.* Al constituir estructuras autoportantes, permiten gran libertad en la organización en planta, por no tener que apoyar sobre elementos resistentes que condicionan la distribución del espacio, aspecto de especial importancia en los edificios de viviendas.

También se presentan nuevas soluciones de *forjados,* resueltos con dos órdenes de viguetas, y refuerzos de vigas de gran luz.

Y aunque las escaleras, que Price analiza con gran detalle, estaban presentes tradicionalmente en muchos tratados de arquitectura, es la primera vez

que aparecen recogidas en láminas, en este caso junto a ejemplos de entramados verticales y vigas compuestas.

Contenidos técnicos

Desde el prólogo del texto se aprecia su preocupación tanto por el dimensionado de estructuras como por la determinación de su geometría. Para las armaduras de cubierta se incluyen reglas geométricas de trazado y se define el sistema de unión entre sus elementos más importantes: jabalcones y pendolón (detalles B-C-D de la lámina *C*, en la figura 3, a los que corresponden los ensambles de caja F-G para las uniones B y C y H-I para la D). Se aconseja dimensionar al cuarto las uniones a caja y espiga entre pares y tirante (detalles H-L en esta misma lámina), y hacerlo extensivo igualmente a entramados y forjados.

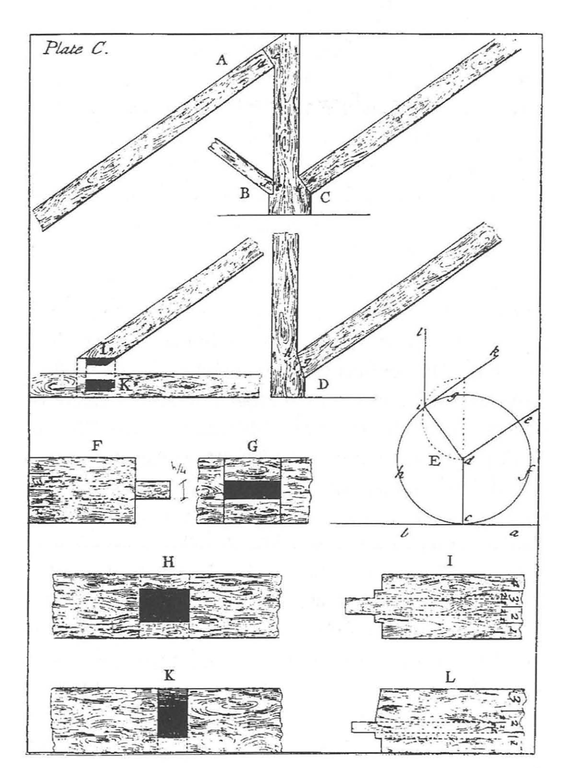


Figura 3
Soluciones de ensamble en armaduras (Price 1733)

A TABLE *for the Scantlings of Timber.*

A Proportion for Timbers for small Buildings.				*A Proportion for Timbers of large Buildings.*			
Bearing Posts of Fir		Bearing Posts of Oak		Bearing Posts of Fir		Bearing Posts of Oak	
Height	Scantling	Height	Scantling	Height	Scantling	Height	Scantling
if 8 Feet	4 Inch.Sq.	if 10 Feet	6 Inch.Sq.	if 8 Feet	5 Inch.Sq	if 8 Feet	8 Inch.Sq.
10	5	12	8	12	8	12	12
12	6	14	10	16	10	16	16
Girders of Fir		Girders of Oak		Girders of Fir		Girders of Oak	
Bearing	Scantling	Bearing	Scantling	Bearing	Scantling	Bearing	Scantling
if 16 Feet	8 I. by 11	if 16 Feet	10 I. by 13	if 16 Feet	9½ I. by 13	if 16 Feet	12 I. by 14
20	10 12½	20	12 14	20	12 14	20	15 15
24	12 14	24	14 15	24	13½ 15	24	18 16
Joists of Fir		Joists of Oak		Joists of Fir		Joists of Oak	
Bearing	Scantling	Bearing	Scantling	Bearing	Scantling	Bearing	Scantling
if 6 Feet	5 I. by 2½	if 6 Feet	5 I. by 3	if 6 Feet	5 I. by 3	if 6 Feet	6 I. by 3
9	6½ 2½	9	7½ 3	9	7½ 3	9	9 3
12	8 2½	12	10 3	12	10 3	12	12 3
Bridgings of Fir		Bridgings of Oak		Bridgings of Fir		Bridgings of Oak	
Bearing	Scantling	Bearing	Scantling	Bearing	Scantling	Bearing	Scantling
if 6 Feet	4 I. by 2½	if 6 Feet	4 I. by 3	if 6 Feet	4 I. by 3	if 6 Feet	5 I. by 3½
8	5 2¼	8	5½ 3	8	5½ 3	8	6½ 3½
10	6 3	10	7 3	10	7 3	10	8 3½
Small Rafters of Fir		Small Rafters of Oak		Small Rafters of Fir		Small Rafters of Oak	
Bearing	Scantling	Bearing	Scantling	Bearing	Scantling	Bearing	Scantling
if 8 Feet	3½ I. by 2½	if 8 Feet	4½ I. by 3	if 8 Feet	4½ I. by 3	if 8 Feet	5½ I. by 3
10	4½ 2½	10	5½ 3	10	5½ 3	10	7 3
12	5½ 2½	12	6½ 3	12	6½ 3	12	9 3
Beams of Fir, or Tyes		Beams of Oak, or Tyes		Beams of Fir, or Tyes		Beams of Oak, or Tyes	
Length	Scantling	Length	Scantling	Length	Scantling	Length	Scantling
if 30 Feet	6 I. by 7	if 30 Feet	7 I. by 8	if 30 Feet	7 I. by 8	if 30 Feet	8 I. by 9
45	9 8½	45	10 11½	45	10 11½	45	11 12½
60	12 11	60	13 15	60	13 15	60	14 16

Principal Rafters of Fir, ſcantling			Principal Rafters of Oak, ſcantling			Principal Rafters of Fir, ſcantling			Principal Rafters of Oak, ſcantling		
Lgth	Top	Botm.	Lgth.	Top	Botm.	Lgth.	Top	Botm.	Lgth.	Top	Botm.
if 24ft	5 I. & 6	6 I. & 7	if 24ft	7 I. & 8	8 I. & 9	if 24ft.	7 I. & 8	8 I. & 9	if 24ft	8 I. & 9	9 I. & 10
36	6½ 8	8 10	36	8 9	9 10½	36	8 9	9 10½	36	9 10	10 12
48	8 10	10 12	48	9 10	10 12	48	9 10	10 12	48	10 12	12 14

Figura 4
Tabla de dimensionado de piezas del tratado de Francis Price (Price 1733)

Las reglas de trazado, muy sencillas, proponen determinar la longitud de los cabios o la altura de las armaduras (que lógicamente se hace depender del material de cubierta utilizado) a partir de la división del tirante en partes iguales.

En todos los casos las uniones traccionadas se reforzarán con abrazaderas metálicas.

Y no existiendo todavía «métodos» de dimensionado, Price presenta una tabla de dimensiones de elementos con valores concretos correspondientes a casos igualmente concretos, similar a la del Acta del Parlamento recogida por Moxon.

Comparando los valores de los elementos de la tabla que trabajan a flexión con los propuestos para vigas por La Hire y publicados por primera vez en el tratado de Bullet (1691), que son los que a lo largo de todo el siglo XVIII copian una y otra vez los textos franceses (Gautier 1716, Belidor 1729, Mésange 1753, Camus de Mézières 1782, etc.; o incluso otros como el alemán Schubler 1731), observamos que las de Price son piezas más esbeltas: la relación tabla/canto tiene

un valor medio de 1,35 (frente al 1,26 de Bullet) en el caso de las vigas; y es aún mayor en los forjados, para los que Bullet propone emplear la relación 6/5 = 1,2. En principio, las dimensiones inglesas parecen más acertadas que las de los textos franceses, pues proponen valores más próximos a $\sqrt{2}$, que es el que corresponde a la pieza de módulo resistente máximo.

Los tratados de arquitectura militar: John Muller

Los tratados de arquitectura militar destacan por el carácter práctico de sus contenidos y por la dimensión pretendidamente científica de sus propuestas. Son de hecho los primeros que incorporan contenidos técnicos y justificaciones teóricas de sus reglas. No sólo hacen referencia a los ensayos de resistencia del material en que están basadas sus propuestas de dimensionado, sino que los propios autores llegan a realizarlos para comprobar su validez.

En 1756 se publicó el *Tratado de fortificacion, o arte de construir los edificios militares y civiles,* de John Muller (1699–1784). Fue traducido al castellano en 1769, a partir de la edición inglesa de 1755, por Miguel Sánchez Taramas (1733–1789), profesor de matemáticas de la Academia Militar de Barcelona, con intención de proporcionar a los jóvenes ingenieros una obra suficientemente completa que les permitiese «conducirse con acierto en la pràctica de las Reales Obras, sin recurrir à diversos libros estrangeros».

En este sentido resulta comparable por su carácter a los textos didácticos de las *Écoles* francesas.

Se trata de una obra dedicada casi exclusivamente a cuestiones constructivas, con abundante información gráfica constituida por grabados desplegables de gran calidad. Está dividida en cuatro partes recogidas en dos volúmenes; el primer libro incluye las tres primeras partes, que tratan respectivamente de: la teoría de la construcción de muros, la de arcos, y *la fuerza y qualidad de las maderas*; del estudio de los materiales; y de la situación y organización de las plazas y sus edificios. La cuarta parte, que constituye el libro segundo, agrupa las obras hidráulicas: puentes, puertos, esclusas y acueductos.

La influencia de los textos franceses en la edición de Sánchez Taramas es evidente, sobre todo de *La Science des Ingénieurs* (1729) de Belidor.

Pese al *carácter* global del tratado, la construcción con madera ocupa un espacio muy significativo, especialmente la determinación de resistencias y el dimensionado de piezas. La arquitectura civil y militar recupera con este tipo de textos el interés por el estudio de la geometría y la utilización de modelos matemáticos, adquiriendo un carácter notablemente más técnico que el del resto de tratados de construcción en general.

A Muller le preocupan especialmente la solidez de las obras y la economía de la construcción. Evitar el sobredimensionado, una práctica frecuente en la carpintería de armar tradicional, se convierte en un objetivo prioritario, que comparte con los autores franceses del momento. Requiere cuidar especialmente el ensamblaje de piezas; y en el caso de los forjados, buscar soluciones de equilibrio entre la reducción de altura y el debilitamiento que en estas estructuras producen los cajeados excesivos.

Contenidos técnicos

Los primeros contenidos técnicos de los tratados de Belidor o Muller hacen referencia a las propiedades físicas y mecánicas del material, y a los ensayos llevados a cabo para determinar su resistencia en vigas. Ambos autores realizaron sus propios ensayos, y alaban la importancia del dimensionado estricto de las estructuras de madera para no sobrecargar las de fábrica sobre las que descansan.

Belidor en el capítulo tercero del Libro IV de *La Science des Ingenieurs*, dedicado a la resistencia de la madera, contrastar los valores obtenidos en sus ensayos con las experiencias y teorías desarrolladas hasta ese momento, en concreto por Parent (recogidos en diversos artículos publicados entre 1708 y 1710 por la Academia de Ciencias de París). Los resultados de ambos autores no difieren apenas, ni corrigen la errónea suposición de que la resistencia del pino es superior a la del roble, pero los nuevos ensayos tienen el valor de haber sido realizados con piezas de dimensiones algo mayores que las utilizadas por los científicos hasta el momento (tan pequeñas que difícilmente permitían extrapolar resultados a las obras construidas).

A su vez, en la Sección III de la Primera Parte del tratado de Muller, éste analiza la carga que es capaz de soportar una pieza de dimensiones conocidas, a través de cuatro «Problemas» o casos prácticos concretos:

- En los problemas I, II y IV se calcula la resistencia de una viga en distintas situaciones de apoyo y carga: apoyada en el centro y cargada en los extremos, y biapoyada en los extremos con carga en el centro, colocada horizontalmente en un caso e inclinada en otro.
- En el problema III se expone el cálculo analítico de la sección rectangular de módulo resistente máximo, ya dada por Parent en 1708, y se comprueba la validez del método empleado desde la Edad Media para obtenerla en obra a partir de un tronco de diámetro conocido (que consiste en dividir su diámetro AB en tres partes iguales y levantar por los puntos intermedios perpendiculares a éste; A, B y los extremos de las perpendiculares son los vértices de un rectángulo de razón entre lados $\sqrt{2}$.
- Finalmente, el quinto problema propone una regla para determinar la resistencia de los pares en función de su longitud.

Y a partir de estos análisis se elabora una tabla de dimensiones de elementos que es la que se propone aplicar en el proyecto en madera.

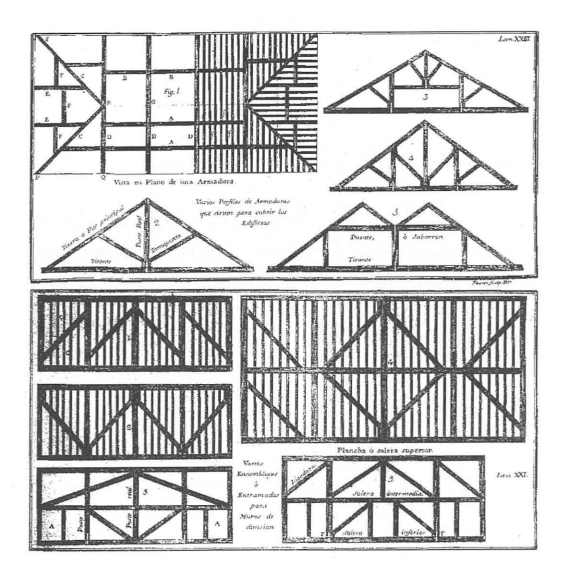


Figura 5
Láminas de armaduras y entramados del tratado de John Muller (Muller 1769)

Tabla 1
Tabla de dimensiones de vigas recogidas en el Acta del Parlamento de Londres, y valores calculados por Muller

Dimensionado de vigas		
Luz (pies)	*Sección (pulgadas)*	
	Tabla del Parlamento	*Calculada por Muller*
10	8 × 10	8 × 10
12	8,5 × 10	9,6 × 10
14	9 × 10,5	10,2 × 10,5
16	9,5 × 10,5	11,6 × 10,5
18	10 × 11	11,9 × 11
20	11 × 12	11 × 12
22	11,5 × 13	10,4 × 13
24	12 × 14	9,8 × 14

En relación con las *armaduras de cubierta,* la lámina correspondiente (figura 5 sup.) incluye cuatro ejemplos: una *grande armadura* de par y pendolón con jabalcones; una solución de jabalcón y péndolas laterales (con pares de longitud 2/3 de la luz); otra de dos péndolas y puente, (con pares de 5/8 de la luz, que Muller califica «de mucha robustez y fortaleza»); y una armadura en 'm'. Se trata en todos los casos de cubiertas tradicionales a cuatro aguas, obviándose la descripción de bóvedas, cimborrios o chapiteles, que Muller no considera estructuras de interés: «Las Armaduras llamadas à la Mansarda, como tambien las que sirven para Cimborrìos, y Châpiteles, las hemos omitido, por que su conocimiento corresponde antes à un Architecto que no à un buen Ingeniero».

Las críticas hacia las armaduras quebrantadas o mansardas, tan populares en Francia —desde donde se difundieron al resto de Europa incluso en países donde la climatología no las hacía necesarias, como es el caso de España—, influyeron sobremanera en que apenas se adoptaran en Gran Bretaña.

Incluye los *entramados* verticales que ya presentaran James Smith y Francis Price; pero a propósito de ellos, critica algunas prácticas comunes entre los carpinteros, como el empleo de uniones a media madera en riostras y tornapuntas.

Y tanto en este caso como en el de los *forjados,* propone utilizar las tablas de dimensiones de piezas calculadas a partir de valores de resistencia obtenidos en los ensayos realizados por el propio Muller, que ahora sí corrigen el error de las tablas del Parlamento heredadas de los textos franceses, y proporcionan resistencias para la madera de roble superiores a las del pino (en una proporción aproximadamente de 1,5 a 1,35).

Los manuales específicos: de William Pain a Peter Nicholson

A mediados del XVIII el autor que domina la producción de textos especializados en carpintería es Batty Langley (1696–1751). Preocupado igualmente por cuestiones técnicas y decorativas, desde la geometría hasta la teoría de los órdenes, pasando por problemas puramente constructivos, sus obras se enmarcan dentro del grupo de los manuales prácticos. Entre ellas encontramos el *Builders Jewel* (1741), dedicado especialmente a construcción.

Ya en la segunda mitad del siglo destaca el trabajo de William Pain (1730?–1790?). Arquitecto, carpintero y constructor experimentado, igual que en el caso de Langley editó numerosos manuales de carpintería y construcción que incluyen desde detalles decorativos hasta soluciones estructurales. Sin descuidar ni el carácter global ni la utilidad práctica, presentan detalles de forjados, armaduras de cubierta y vigas compuestas, reglas de trazado, soluciones de ensambles y refuerzo de estructuras, precios de los materiales, así como valores y tablas de dimensiones de piezas y vigas respectivamente.

The Practical House Carpenter es, como su propio título indica, una guía de construcción práctica, en la que se recoge todo aquello que Pain considera de interés, desde el nivel de detalle hasta el edificio completo. Una recopilación un tanto ecléctica de contenidos, que en el caso de la carpintería de armar incluyen cimbras y sistemas de determinación geométrica del perfil de arcos, bóvedas y cúpulas, e incluso un puente en arco de celosía, aparte de forjados y armaduras de cubierta.

La estimación del coste de las obras ocupa un capítulo importante en los manuales de Pain, que se señala incluso en sus títulos: por ejemplo tanto *The builder's golden rule* (1781) como *The practical house carpenter* (1794), completan su presentación añadiendo al título que incluyen «*An estimate of prices for materials and labour* ...».

Armaduras de cubierta

En relación con los tipos, continúan proponiéndose soluciones para cubiertas a dos aguas: de par y pendolón si la luz es moderada (28 pies), y de cerchas de pendolón o varias péndolas para luces mayores (51 pies en las correspondientes a la figura 6). Finalmente, también esta misma lámina presenta una de las escasas soluciones de cubierta quebrantada que encontramos en los textos prácticos ingleses de esta época.

Las reglas de trazado siguen siendo extremadamente simples; para los casos descritos se limitan a proponer dar a los pares una longitud igual a 3/5 del ancho del vano (que supone una pendiente moderada de 33,56 grados).

Y en cuanto al dimensionado, en todas las láminas se indican las dimensiones de las piezas, y con carácter general se incluye además una tabla para entramados y cubiertas, que el propio Pain presenta con carácter simplemente «orientativo». Es similar a la de Price, y como ya hiciera Muller estima correctamente mayor la resistencia del roble que la de las coníferas; pero pese a ser posterior propone valores algo mayores que los de Price.

Forjados y vigas compuestas y armadas

Aparte de los dos sistemas de disposición de elementos de forjado, que dan lugar a los denominados sencillo (*single floor*) y en puente (*bridge floor*), se presta especial atención a las soluciones de encuentro de piezas en vigas y los sistemas de refuerzo. En la figura 7 podemos ver los propuestos para la formación de vigas armadas: con estructura intermedia de refuerzo formada por dos pares y un montante central que actúa como sistema de pretensado del conjunto; o con solución de tres tramos acodalados entre piezas intermedias trabajando a modo de arco. En ambos casos, se divide la viga longitudinalmente a fin de alojar en el centro la estructura adicional y se asegura el conjunto con pernos metálicos que eviten que la estructura se «abra».

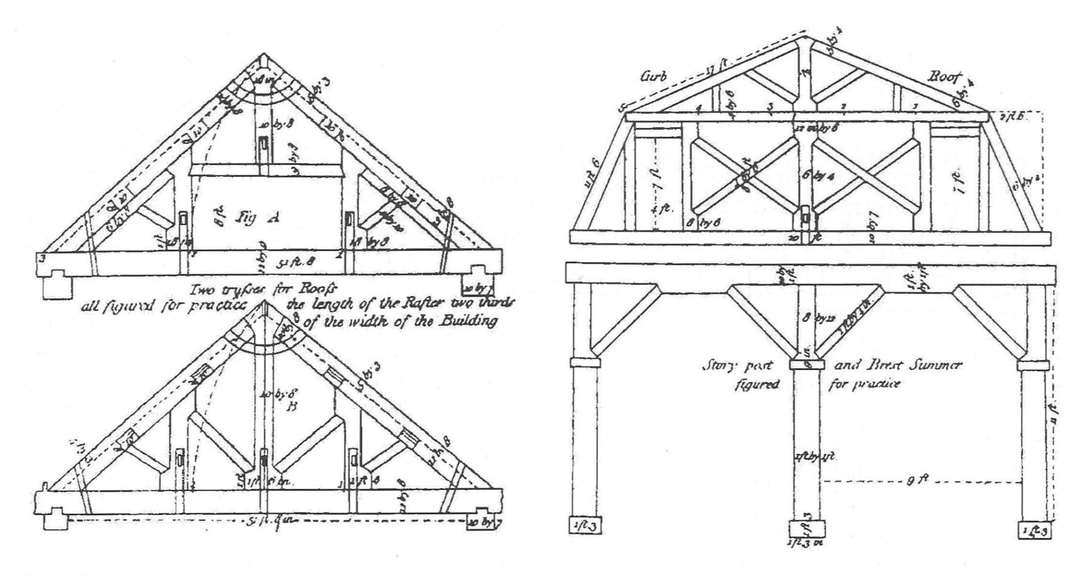


Figura 6
Armaduras de gran luz, con indicación gráfica de la regla de trazado propuesta (izq.) y cubierta quebrantada sobre estructura jabalconada (dcha.) (Pain 1794)

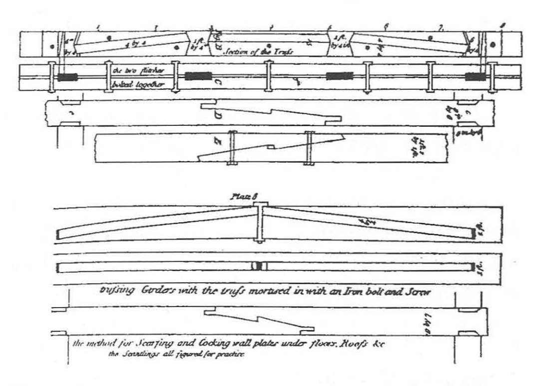


Figura 7
Vigas compuestas y refuerzo de vigas armadas (Pain 1794)

Para finalizar este breve repaso a los textos del XVIII, nada mejor que algunos apuntes sobre la obra de Peter Nicholson (1765–1842) *The Carpenter and Joiner's Assistant* (1797), una guía de construcción con madera en la que por primera vez comienza a prestarse atención al cálculo y se analiza el comportamiento resistente de algunas estructuras. Los manuales de construcción adquieren con Nicholson la categoría de manuales técnicos, al considerar no sólo la aplicación práctica sino también el fundamento científico de las soluciones expuestas. A partir de este momento ya no se tratará de repetir soluciones tradicionales más o menos afortunadas y aplicar fórmulas pseudo-empíricas para proyectarlas, sino de intentar calcularlas utilizando los principios de la teoría de estructuras y la resistencia de materiales.

La obra tiene carácter global e incluye tanto la carpintería de armar como la de taller. Y excepto el capítulo dedicado a la resistencia de la madera y los análisis técnicos, la exposición de contenidos es fundamentalmente gráfica.

Forjados, entramados verticales y armaduras de cubierta

Junto al *forjado* simple unidireccional, se describe el denominado *double floor*, en el que se disponen dos órdenes de viguetas superpuestas: las denomi-

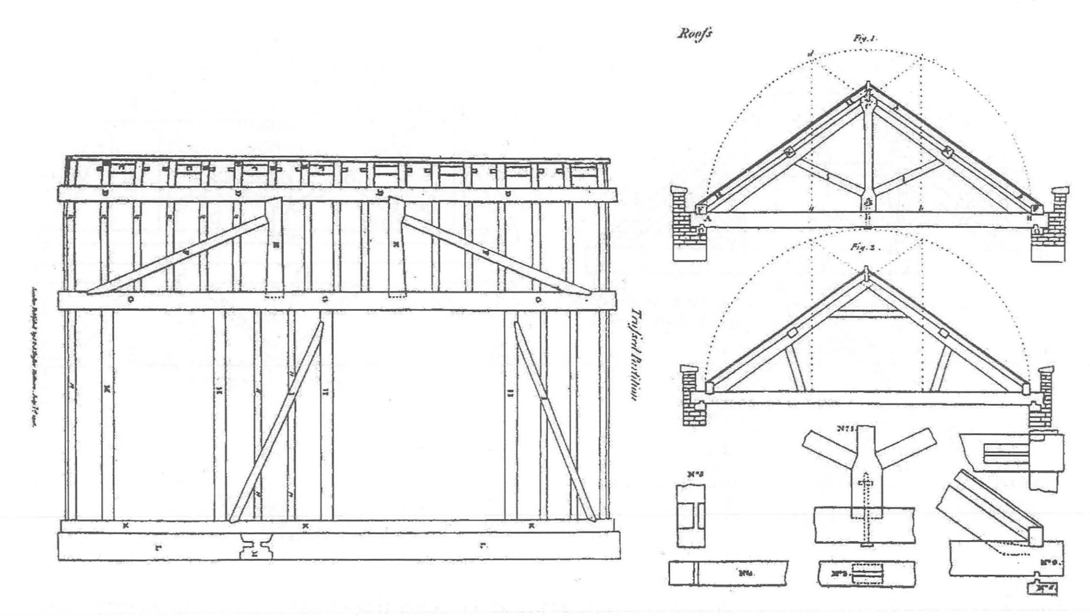


Figura 8
Entramado reforzado con armadura (izq.); cubiertas y regla de trazado (dcha.) (Nicholson 1797)

nadas de atado (*binding joists*) y sobre ellas, las de reparto (*bridging joists*), permitiendo resolver vanos de gran luz.

En el caso de los *entramados verticales,* tan sólo se incluye un ejemplo, pero corresponde a una novedosa propuesta que combina el entramado y la armadura (figura 8 izq.) Se trata de una estructura en la que el elemento horizontal situado a la altura del dintel de los vanos (*lintle-piece*), trabaja en realidad como tirante de una estructura de refuerzo formada por: las dos riostras de la parte superior del entramado, dos de los pilarejos de esta zona (que de hecho reciben el nombre de péndolas o *queen posts*) y la propia carrera del piso superior, que sirve de puente de la estructura.

Es por tanto una auténtica armadura (de hecho todas los ensambles de piezas son los correspondientes a una cercha convencional de dos péndolas) que curiosamente se presenta como solución de entramado.

En el capítulo de *armaduras de cubierta* sorprenden tanto la simplicidad de los tipos propuestos en un texto tan avanzado en el tiempo, como la regla de trazado descrita, que recuerda a las de los carpinteros españoles del siglo XVII (figura 8 dcha.) Consiste en dividir en tres partes iguales la distancia a salvar levantando perpendiculares por los puntos intermedios. Se une la intersección de cada perpendicular y la circunferencia de diámetro igual al vano con el extremo más alejado de dicho diámetro para determinar la situación de los pares de la armadura, cuya pendiente resultante es de 35,26°.

Contenidos técnicos

Aunque hasta el XVIII apenas se había llegado a analizar más que la flexión en vigas y las experiencias se limitaban a ensayos de rotura efectuados con probetas pequeñas cuyos resultados muchas veces no permitían validar los modelos teóricos, poco a poco se fueron desarrollando e incorporándose no sólo en las publicaciones científicas sino igualmente en los tratados de construcción.

En Inglaterra, sólo a partir de la segunda mitad del siglo comienza a incluirse en los textos prácticos

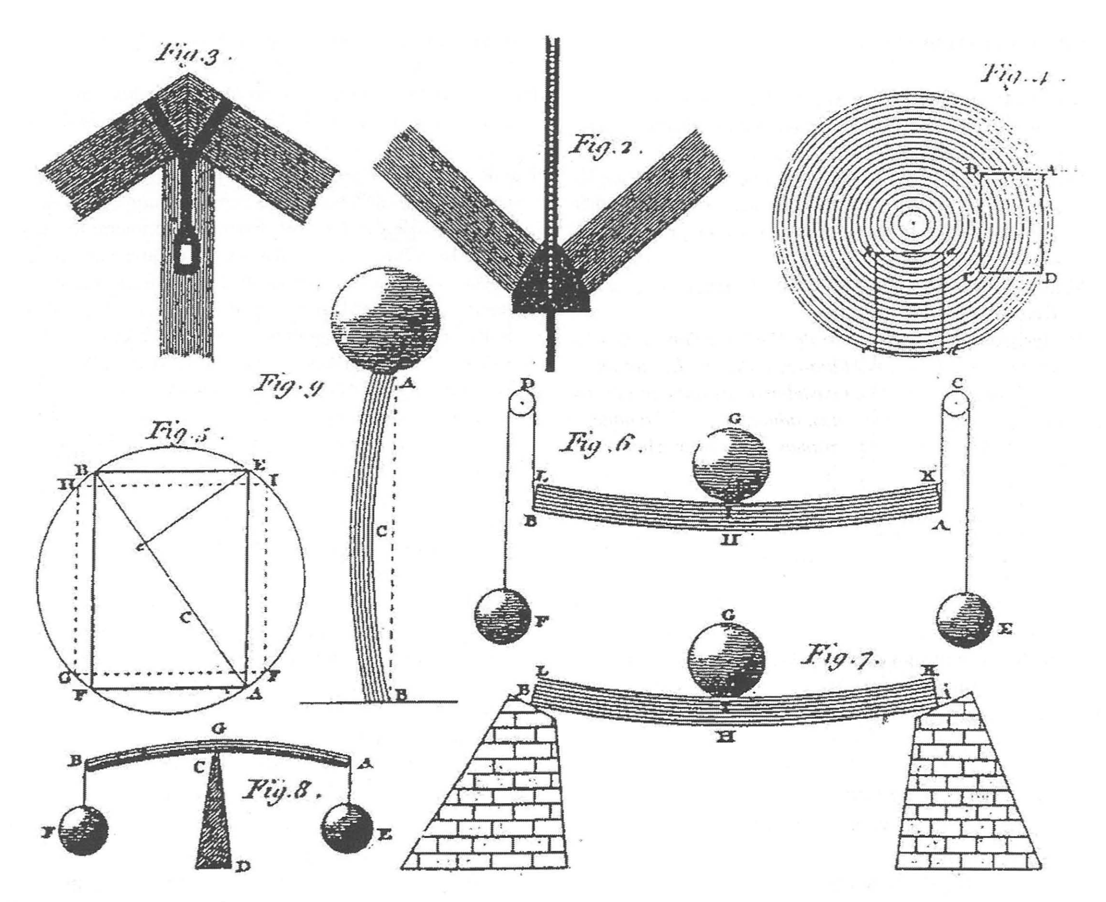


Figura 9
Contenidos técnicos de la lámina de resistencia de la madera (Nicholson 1797)

apenas el tema del comportamiento resistente de la madera. La obra de Nicholson presenta una pequeña historia de las teorías y experiencias realizadas por los franceses Belidor, Buffon y Duhamel du Monceau y el holandés Musschenbroek, las conclusiones a las que llegaron y los resultados de sus ensayos. Y pese a que su intención última es poder concretar todo análisis en reglas de fácil aplicación, por primera vez se tiene conciencia de la necesidad de integrar las teorías científicas y la práctica constructiva. Marca un punto de aproximación al carácter de las publicaciones de esta misma época en el resto de Europa.

Y si bien todavía pesa el distanciamiento al que hemos hecho referencia, y tanto en los tipos empleados como en el carácter de los textos se siguen apreciando diferencias, a partir de este momento asistiremos a un fructífero proceso de aproximación que en el caso de Inglaterra se verá reflejado en la publicación de tratados de construcción mucho más técnicos que los vistos hasta este momento.

> In the course of the last century several treatises on Carpentry have Appeared ; but in none of them is to be found any thing on the mechanical principles of the art, except it be a few rules for calculating the strength of timber ... As the mechanical principles of Carpentry have never been published in a separate form, I have attempted, in the following pages, to supply that defect (Tredgold 1820, Author's Preface).

Lista de referencias

Belidor, B. F. 1929. *La Science des Ingenieurs dans la conduite des travaux de fortification et d'architecture civile.* París: Claude Jombert.

Moxon, Joseph. 1677–1680. *Mechanick Exercises, or the Doctrine of Handy-Works: began Jan. 1677, and intended to be monthly continued by _.* London: printed by Joseph Moxon.

Muller, John. 1747–57. *A Treatise of Fortification, and a Treatise of Artillery.* London.

Muller, John. 1769. *Tratado de Fortificación, ó Arte de construir los Edificios Militares, y Civiles. Escrito en inglés, por_. Traducido en castellano, dividido en dos Tomos, y aumentado con notas, adiciones, y 22 Laminas ... por D. Miguel Sanchez Taramas.* Barcelona: Thomas Piferrer.

Nicholson, Peter. 1797. *The Carpenter and Joiner's Assistant; containing practical rules for making all kinds of joints, and various methods of hingeing them together.* London: I. and J. Taylor.

Pain, William. 1781a. *The builder's golden rule, or The youth's sure guide: containing the greatest variety of ornamental and useful designs in architecture and carpentry ...* London: H. D. Steel.

Pain, William. 1794. *The practical house carpenter; or, youth's instructor: containg a great variety of useful designs in carpentry and architecture ...* London: I. and J. Taylor.

Palladio, Andrea. 1570. *I Quattro Libri dell'Architettura.* Venecia: Dominico de' Franceschi.

Palladio, Andrea. 1663. *The First Book of Architecture by_. Traducción al ingles de la traducción francesa de Le Muet, por Godfrey Richards.*

Parent, Antoine. 1707. Experiences pour connoître la résistance des bois de Chêne et de Sapin. *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences.* París, L'Imprimerie Royale, 512–516; 1708a, Des resistances des poûtres par rapport à leurs longueurs ou portées, & à leurs dimensions et situations ..., París: L'Imprimerie Royale, 17–31; 1708b, Sur la resistance des poutres. *Histoire de l'Académie Royale des Sciences,* París: L'Imprimerie Royale, 116–123.

Price, Francis. 1733. *The British Carpenter: or, a Treatise on Carpentry. Containing the most concise and authentick Rules of that Art, in a more Useful and Extensive method, than has been made Publick.* London: C. and J. Ackers.

Smith, James. 1733. T*he Carpenters companion, being an accurate and compleat treatise of carpenters works.* London: J. Millan.

Smith, James. 1736. *A Specimen of Ancient Carpentry, consisting of variety of designs for roofs ... To which are added designs of frontispieces to doors, gateways ... and other useful decorations ...* London: Printed for the Author.

Tredgold, Thomas. 1820. *Elementary Principles of Carpentry with Practical Rules and Examples.* London: J. Taylor.

Un caso singular de arquitectura tradicional: las construcciones auxiliares exentas dentro del caserío de Atapuerca, Burgos

María de Smara Gonçalves Diez
Carlos Miranda Barroso

La localidad de Atapuerca es reconocida por su pertenencia a dos bienes declarados Patrimonio de la Humanidad: el Camino de Santiago y el Yacimiento Paleontológico de la Sierra de Atapuerca. Sin embargo, también posee otras singularidades de carácter popular-tradicional en su caserío que deben ser estudiadas tanto en lo formal como en lo funcional para generar una reflexión en torno a los criterios de intervención y su posible adaptación a nuevos usos.

Figura 1
Vista aérea del entorno de Atapuerca y gráfico del Corredor de la Bureba. (2009 Google Earth) (Cervera et al. 1999, 17)

Si se analiza la trama de Atapuerca se observa, en primer lugar, la característica tendencia a una disposición en pequeños volúmenes exentos, con muros de piedra y cubierta de teja a dos aguas. El matiz más singular se produce al descubrir que incluso la unidad tradicional de «vivienda + espacio de servicio» en Atapuerca se ha dividido, separando el edificio auxiliar de la vivienda y configurando éste como una construcción independiente rodeada por calle de dominio público, manteniendo una materialización similar aunque en una sola planta.

El estudio constructivo de este tipo de arquitectura popular que tradicionalmente se ha utilizado como pajar o como almacén de aperos de labranza es lo que se presenta en esta comunicación. Con ello se pretende, además de su conocimiento, reflexionar sobre los criterios de intervención adecuados para su conservación y restauración.

Atapuerca: marco territorial

La localidad de Atapuerca se encuentra a unos 17 km al este de la ciudad de Burgos. Las localidades más próximas son Olmos de Atapuerca y Agés. Al oeste de la localidad se encuentra la Sierra de Atapuerca que se sitúa entre los sistemas montañosos de la Cordillera Cantábrica y el Sistema Ibérico, formando parte del denominado Corredor de La Bureba, paso

entre el valle del Ebro y la cuenca del Duero. El Camino de Santiago, Bien de Interés Cultural y Patrimonio de la Humanidad, atraviesa este corredor de este a oeste, pasando por Atapuerca y cruzando la Sierra de Atapuerca. La Sierra de Atapuerca es también Bien de Interés Cultural y Patrimonio de la Humanidad debido a los excepcionales yacimientos arqueológicos y paleontológicos que alberga. Está formada por calizas cubiertas por masas de encinares, quejigares y monte bajo. La economía de la zona es básicamente agrícola, con cultivos de secano, sobre todo cereales, que relegan la vegetación forestal a las áreas inaccesibles.

El clima es mediterráneo frío, influenciado por su carácter semimontañoso, no muy húmedo y con un verano seco. Las temperaturas mínimas son bajas, con heladas numerosas en invierno. Durante el verano las temperaturas nocturnas son frescas.



Figura 2
Comparativa de la trama urbana de Atapuerca (a) y Agés (b). En Atapuerca se perciben los volúmenes dispuestos de forma independiente o en pequeñas agrupaciones, con cambios de orientación, de forma que no se define una estructura organizada de calles. En Agés se aprecia el agrupamiento de los edificios en manzanas alargadas en hilera simple generando calles sensiblemente ortogonales al trazado de la calle principal, el Camino de Santiago. (SIGPAC JCYL 2009)

Caracterización tipológica

La configuración urbana de Atapuerca, a pesar de que el Camino de Santiago atraviesa el núcleo, no responde a los modelos de tipo lineal creados a lo largo de un camino principal. Tampoco se organizan las construcciones definiendo manzanas amplias que dan lugar a una organización de calles como sí se puede reconocer en las localidades vecinas de Agés y Olmos de Atapuerca. Por el contrario Atapuerca presenta una disposición atomizada a base de edificios dispuestos generalmente de forma aislada sin generar alineaciones ni direcciones. Sin embargo esto no se corresponde con una configuración dispersa en la que aparezcan espacios intermedios no edificables de uso agropecuario ya que ni siquiera la vivienda se presenta con corrales o huertas anejas. La vivienda es un volumen único exento rodeado de espacio público.

García Grinda (1988, 113–117) clasifica los modelos de agrupación edificatoria de la provincia de Burgos en tres tipos. El primero de ellos está formado por manzanas cerradas de tamaño mediano con espacios libres en su interior dedicados a corrales, aparece en la Ribera del Duero y el Páramo del Pisuerga. El segundo tipo es un modelo de agrupación con manzanas de menor tamaño, con edificación concentrada en hilera simple o doble que no dispone espacios libres o patios traseros, definiendo formas próximas a las rectangulares. Establece que este segundo tipo aparece en la Sierra de la Demanda, en el Páramo del Arlanzón y en las áreas de transición a la Sierra de la Bureba. Se ajustan a este modelo de disposición Agés y Olmos de Atapuerca. El tercero de los tipos aparece en las Merindades y se caracteriza por edificaciones dispersas que no se agrupan en manzana, siendo la vivienda un conjunto formado por la casa con un pequeño corral o patio y edificaciones auxiliares. Vemos, por tanto, que la organización de la trama urbana de Atapuerca es singular con respecto a estas tres clasificaciones.

Existe en Atapuerca una clara diferenciación de la vivienda y los pajares. Estos se definen como volúmenes independientes o formando pequeñas agrupaciones. En este segundo caso la manzana es monofuncional estando compuesta sólo por pajares, de modo que siempre existe espacio público separándolos de la vivienda. Su función es de almacenamiento:



Figura 3
Vista de un pajar. Se puede apreciar su materialización como un volumen independiente aunque próximo a la vivienda. (Fotografía de los autores)

paja, leña, aperos, carreta, etc. Constructivamente en el exterior presenta las mismas calidades que la vivienda. La disposición de estos edificios de almacenamiento separados de la vivienda es una influencia de la casa serrana, donde aparece el *casito*, utilizado como leñera o almacén diverso y con acceso directo desde el exterior.

Como ya hemos visto, los pajares pueden presentarse como un edificio independiente separado de la vivienda, aunque muy próximo a ella. También pueden agruparse generando una manzana monofuncional. Hay diversos modos de agrupación, el más sencillo y habitual es en hilera en el que el testero compartido se transforma en pared medianera, aunque también se dan soluciones más irregulares y orgánicas en las que la planta de cada pajar es rectangular pero el conjunto muestra entrantes y salientes debido a agregaciones con deslizamiento, a disposiciones ortogonales o con medianeras en la pared longitudinal. De cualquier forma, aunque la agrupación tenga un carácter más irregular, el resultado no es una manzana generada por varios edificios adosados sino que se define un edificio único, con una única estructura de cubierta que se adapta a la planta irregular. La separación de los distintos pajares se hace con paredes medianeras realizadas con entramado de madera y relleno de pasta de yeso.

Atapuerca, por tanto, se encuentra en la zona del Páramo del Arlanzón presentando singularidades con respecto a otras localidades de este territorio. Estas singularidades pueden deberse a dos factores: la Sierra de Atapuerca, elemento orográfico modesto pero con capacidad de matizar el territorio con un cierto carácter «serrano», y el Camino de Santiago como caracterizador de un lugar que es vía de comunicación y, por tanto, favorecedor de influencias lejanas, de intercambio cultural y de la llegada de personas de otros territorios.

Descripción constructiva

Como suele suceder en el estudio de la arquitectura popular el principal problema son las alteraciones recientes que han sufrido estas construcciones. La organización interna de algunas de ellas ha sido alterada para adaptarlas a necesidades actuales utilizando soluciones industriales: perfilería metálica, viguetas de hormigón, bovedillas, etc. En otras, las cubiertas



Figura 4
Sustitución de un pajar perteneciente a un conjunto en hilera por una vivienda de reciente construcción rompiendo la unidad funcional y formal de la manzana tradicional. (Fotografía de los autores)

han sido reparadas utilizando madera escuadrada y tabla sin reproducir el orden estructural previo. En el peor de los casos se ha sustituido algún modulo de pajar de una agrupación en manzana por una vivienda de nueva planta, rompiendo la coherencia tipológica y constructiva del conjunto. Por todo ello se ha realizado este estudio prestando especial atención a construcciones que no presentaban signos de alteración reciente, siendo particularmente productiva alguna en estado de abandono.

Materiales

La piedra es el elemento característico de las construcciones en Atapuerca. Las fábricas exteriores son de piedra caliza del páramo de color blanquecino que otorga al conjunto una gran unidad.

El yeso tiene una acusada presencia en esta zona. Aparece como material protagonista del relleno en los entramados y es utilizado en las fábricas, a veces como elemento de unión, pero especialmente como protección interior de los muros. A mediados del siglo XIX la extracción de yeso constituía la industria principal de Agés (García 1988, 85), por lo que se podía obtener este material de forma abundante y cercana para las construcciones de Atapuerca.

La madera más utilizada en los elementos estructurales es el olmo y el enebro, reservando el roble generalmente para las carpinterías.

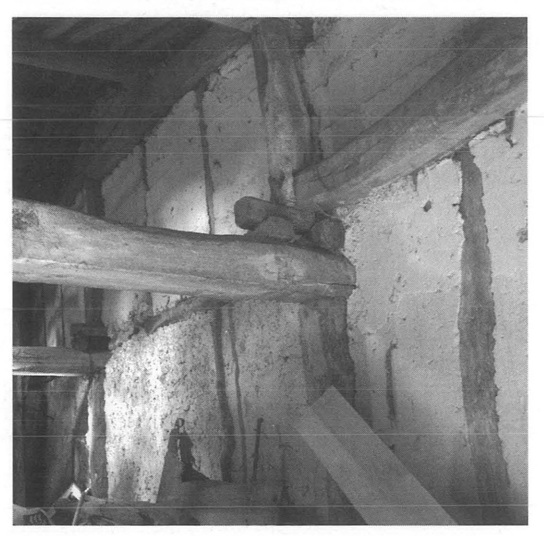


Figura 5
Relleno del entramado de un tabique interior realizado sólo de pasta de yeso. Se ejecutaba utilizando encofrado sujeto a las maderas. Se pueden ver las marcas horizontales que ha dejado el encofrado en el yeso. (Fotografía de los autores)

Sistemas constructivos

Los muros de carga exteriores presentan diversas soluciones constructivas, desde la solución más modesta formada por muros de entramado de madera rellenos con piedras de tamaño menudo cogidas con yeso o cal o con pasta de yeso como material único, hasta soluciones con una destacable calidad de ejecución utilizando sillarejo con escasa utilización de material ligante, pasando por fábricas de calidad intermedia a base de mampostería ordinaria. En las esquinas y en la formación de huecos y jambas se utilizan piedras de mayor tamaño y calidad de labra, generalmente sillares en las fábricas de sillarejo y sillarejo en las fábricas de mampostería ordinaria. La cara interna de los muros de piedra es irregular, lo que favorece la trabazón con el acabado interior de yeso. Actualmente el acabado interior de muchos de estos muros ha desaparecido quedando restos blanquecinos del yeso sobre la piedra.

No obstante, a pesar de esta variedad de soluciones, el sistema más característico es el muro de mampostería. La solución de entramado no suele aparecer como sistema único en una edificación sino que complementa diversas zonas de esta: parte superior de un hastial sobre el hueco de la puerta o muro longitudinal que da al callejón de separación de la vivienda.

Los dinteles de las puertas y de los huecos de mayor dimensión se realizan en madera; los huecos de pequeñas dimensiones se enmarcan con cuatro sillares.

La solución de cubierta habitual es una variación de la cubierta a par y picadero. La cumbrera y otras vigas paralelas a ella de similar entidad se disponen longitudinalmente apoyadas en los muros testeros. Para conseguir un espacio interior diáfano se sustituye la crujía a base de pies derechos que debería sostener estas vigas por unos virotillos o enanos que transmiten verticalmente las cargas a vigas transversales que funcionan a modo de tirante configurando



Figura 6
Detalle del hastial de un pajar realizado con entramado de madera. (Fotografía de los autores)

un sistema estructural mixto (García 1988, 95). Sobre este sistema se disponen unos pares sin escuadrar, a veces simples rollizos, con una disposición irregular debido a las variaciones de diámetro, longitud y curvatura de las piezas. Por encima se dispone tabla ripia que será la que reciba el acabado de teja curva cerámica.

Las vigas longitudinales y transversales generalmente apoyan directamente sobre la piedra aunque a veces se recurre a un pequeño durmiente de unos 50 cm de longitud. Lo habitual es disponer cinco vigas longitudinales: la cumbrera-picadero, dos que apoyan sobre el muro y que funcionan como durmiente de apoyo para los pares y dos intermedias que sirven para reducir la luz de los pares. Cuando es necesario realizar un forjado intermedio, éste se apoya sobre la estructura de vigas transversales.

La mayoría de los aleros se definen utilizando las piezas de madera de la cubierta: los pares en los aleros laterales y las vigas longitudinales en los aleros del testero. Sin embargo también se dan soluciones



Figura 7
Vista de la fachada longitudinal de un pajar que da al callejón de separación de la vivienda. Se aprecia la solución constructiva de esta fachada en entramado de madera que contrasta con las otras tres fachadas, más expuestas, realizadas en piedra. (Fotografía de los autores)



Figura 8
Hueco en el testero de un pajar en el que dintel, jambas y alféizar se definen utilizando cuatro sillares. La labra de las piedras es perfecta en la definición de hueco y de cierta irregularidad en su conexión con el resto de la fábrica. Se pueden apreciar las vigas longitudinales volando ligeramente sobre el paramento para definir un pequeño alero de protección. (Fotografía de los autores)



Figura 9
Vista interior de un pajar en la que se aprecia la solución de cubierta. Es una variación de la cubierta a par y picadero en la que se sustituye el entramado que soportaría al picadero por unos virotillos que apoyan sobre una viga transversal, consiguiendo, de esta forma, un espacio diáfano. Se puede apreciar una pared medianera realizada con entramado de madera y relleno de pasta de yeso. (Fotografía de los autores)



Figura 10
Detalle del encuentro de la viga transversal con el muro de fábrica. El apoyo de la viga sobre el muro se realiza utilizando un durmiente de madera. (Fotografía de los autores)



Figura 11
Soluciones elaboradas de alero en los testeros de dos pajares: utilizando cobijas cogidas con mortero y mediante piedra labrada. Se aprecia el estrecho callejón de separación entre los dos edificios. (Fotografía de los autores)



Figura 12
Alero de muro lateral definido mediante el vuelo de los pares. Se puede apreciar la testa de las vigas transversales que sirven de apoyo a los virotillos que soportan el picadero y la viga longitudinal apoyada sobre el muro a modo de durmiente para los pares. Se observa el dintel de madera de la puerta de entrada. (Fotografía de los autores)

de mayor elaboración en los testeros utilizando cobijas cogidas con mortero o piezas de piedra perfectamente trabajadas definiendo una cornisa.

Los huecos principales de estos pajares estaban preparados para la entrada de los carros y carretas por lo que se utilizaban puertas en dos hojas verticales que se abaten a cada lado. Muchas de estas puertas se han perdido sustituyéndose por soluciones industriales metálicas. Existen también bocarones que son huecos menores situados en la parte superior de la fachada para el acceso exterior de la paja. Están cerrados con una sola hoja de madera claveteada.

En la figura 15 se recoge un esquema, a modo de resumen, con las soluciones constructivas características de los pajares de Atapuerca. Los elementos que lo configuran son los siguientes:

1. Muros de fábrica de mampostería.
2. Dintel de madera para la formación de huecos de grandes dimensiones.
3. Huecos de ventilación e iluminación definidos mediante sillares.

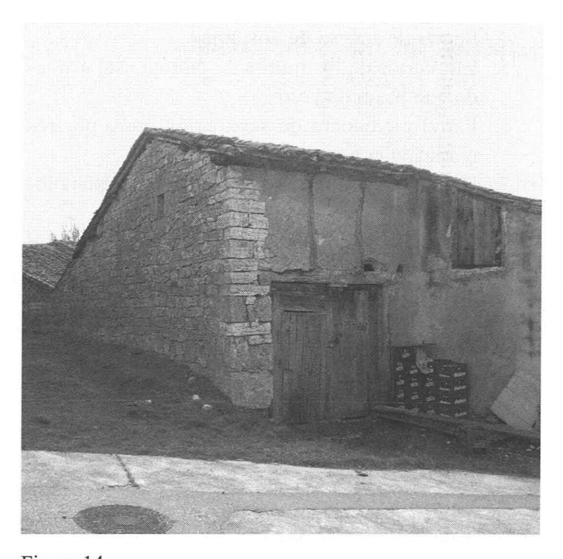


Figura 14
Vista exterior de un conjunto de pajares en manzana organizados de forma irregular. Se combinan en el mismo edificio muros exteriores de piedra y muros de entramado, adoptándose estos últimos en las paredes donde se abren huecos de mayores dimensiones. Vemos la puerta de acceso a un pajar y el bocarón de otro dispuesto ortogonalmente, cerrados ambos con las carpinterías de madera tradicionales. (Fotografía de los autores)



Figura 13
Imagen interior de un pajar donde se aprecia el encuentro de las vigas de la cubierta con el muro testero. Se puede ver también la definición del hueco de grandes dimensiones con dintel de madera y puerta abatible de dos hojas. (Fotografía de los autores)

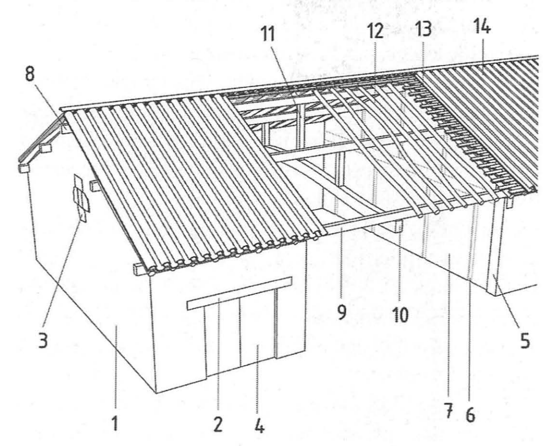


Figura 15
Esquema que reproduce las soluciones constructivas más características de los pajares de Atapuerca. (Dibujo de los autores)

4. Puerta de acceso de dos hojas.
5. El interior de los muros de fábrica está acabado con pasta de yeso
6. Pared medianera de separación entre pajares realizada con entramado de madera.
7. Relleno del entramado con pasta de yeso colocada con encofrado.
8. Viga cumbrera funcionando como picadero, con vuelo sobre la fachada para generar alero.
9. Viga longitudinal apoyada sobre muro como durmiente de los pares.
10. Viga transversal.
11. Virotillo que soporta las cargas de la viga longitudinal transmitiéndolas a la viga transversal.
12. Par sin escuadrar, a veces un simple rollizo, que vuela sobre la fachada para generar alero.
13. Tabla ripia.
14. Teja curva cerámica.

Reflexiones en torno a los criterios de intervención

Dos son los aspectos que confieren un especial valor a estas construcciones auxiliares que estamos analizando. En primer lugar su singularidad tipológica y funcional, caracterizada por generar edificaciones separadas de la vivienda, bien como volúmenes unitarios independientes o bien como edificios-manzana monofuncionales. El otro valor que se les reconoce es la aplicación de un sistema constructivo sencillo y coherente en el que la sabia utilización de los materiales de la tierra (piedra, madera, yeso y teja cerámica) conseguía soluciones eficaces y perdurables. Cualquier preocupación en torno al mantenimiento o conservación de estos edificios debe tener presentes estos dos tipos de valores.

El principal problema en relación con la conservación de cualquier edificio se vincula a la falta de uso. Los cambios en la forma de vida y en las labores de trabajo en el campo hacen que estos edificios ya no se adecuen a las necesidades actuales de muchos de sus propietarios.

Para un edificio que tenía como principal función el almacenaje, prácticamente ciego, salvo por algunos pequeños huecos de ventilación y a veces un bocarón para introducir la paja, la adecuación menos traumática a un uso actual sería la de garaje. Esta evolución es factible para aquellas construcciones que se ubican de forma individual cercanas a la vivienda, pero bastante irreal para los edificios alejados de las viviendas que están formados por varios pajares.

Parece evidente que el único uso viable que puede hacer que sean de nuevo utilizados intensamente es la vivienda. Pero si se permite el cambio de funcionalidad de estos conjuntos, precisamente para hacer viable su conservación, debe hacerse con unos criterios rigurosos que preserven los valores que los hacen dignos de atención. No puede permitirse la eliminación completa de un pajar para sustituirlo por una vivienda que formal, volumétrica y constructivamente es ajena a las preexistencias como la que se muestra en la figura 4.

Los criterios de intervención podrían pasar por un mantenimiento volumétrico y una conservación de los muros de piedra de especial calidad. En cuanto a la estructura, el material empleado debería ser madera, evitándose el hormigón y el acero. De esta forma no sólo se respetaría el material estructural original, sino que se haría una clara apuesta por la sostenibilidad. Para la estructura de cubierta sería preferible que se reprodujera el sistema tradicional sencillo de par y picadero con variantes, en lugar de recurrir a soluciones más complejas y elaboradas mediante cerchas o con otras soluciones trianguladas. En lo referente a los huecos, sería deseable que se preservara la sensación masiva y ciega de las construcciones, por lo que los huecos en las fachadas deberían ser de reducidas dimensiones, pudiendo optarse por la apertura de huecos de ventilación e iluminación en los faldones de cubierta, mucho menos perceptibles desde el exterior. Las carpinterías deberían ser de madera, pudiendo colocarse como mecanismos de oscurecimiento unas contraventanas enrasadas con la fachada al modo de las puertas de los bocarones, como el que se ve en la figura 14.

Y, por supuesto, en todo proyecto de intervención, debería exigirse una completa documentación del estado previo para que, si no es posible que perviva el legado material de las generaciones pasadas, al menos sí que se preserve el conocimiento de sus modos de vida y de su tecnología constructiva.

Conclusiones

Si aceptamos que los factores que inciden en la arquitectura popular son tres: el clima, la tierra y el

hombre (Ponga y Rodríguez 2003, 11–12), debemos encontrar en el tercero de estos factores la causa de la singularidad tipológica de Atapuerca, puesto que el clima, condicionante de los mecanismos de resguarde, y la tierra, como proveedora de materiales, son compartidas por las localidades inmediatas. El hombre, constructor de la arquitectura popular, repite formas, tipologías y soluciones constructivas conocidas, adaptándolas a las nuevas necesidades con pequeñas variaciones. Por ello las singularidades de una localidad pueden relacionarse con soluciones tipológicas y constructivas de lugares más alejados con los que se estableció algún tipo de vinculación poblacional. En el caso de Atapuerca, algunas de sus singularidades tipológicas y constructivas, se pueden poner en relación con la arquitectura popular serrana.

Es importante estudiar y dar a conocer las especificidades de la arquitectura popular de esta localidad para que se puedan habilitar mecanismos que conjuguen la conservación con la puesta al día de su función, y para que los propios habitantes de Atapuerca aprecien el valor de estas modestas construcciones auxiliares.

Lista de referencias

Cervera, José; Arsuaga, Juan Luis; Carbonell, Eudald y José Mª. Bermúdez de Castro. 1999. *Atapuerca. Un millón de años de historia*. Madrid: Editorial Complutense.

COTESA. 2007. Primera Fase (Información Urbanística) de las Normas Urbanísticas Municipales de Atapuerca.

García Grinda, José Luis. 1988. *Arquitectura Popular de Burgos. Crítica y Teoría de la Arquitectura Popular. Tipos y caracterización de la arquitectura rural autóctona castellano-leonesa: el caso burgalés*. Burgos: Colegio Oficial de Arquitectos de Burgos.

Ponga Mayo, Juan Carlos y Mª. Araceli Rodríguez Rodríguez. 2003. *Arquitectura Popular en las comarcas de Castilla y León*. Valladolid: Junta de Castilla y León.

Peanas, doseletes y coronaciones. Agujas laterales de la fachada. Iglesia de San Pablo en Valladolid

Eduardo González Fraile

La fachada de la Iglesia de San Pablo de Valladolid se erige, casi con seguridad, adosada a otra anterior, a finales del siglo XV, a la que oculta[1]. La ciudad de Granada ha sido ya tomada por los Reyes Católicos y Fray Alonso de Burgos, a la sazón obispo de Palencia hace el encargo al taller de Simón de Colonia, al que se deben varias fachadas muy interesantes, muy próximas en tiempo y lugar.[2]

Aquí se va a destacar la relevancia del papel de los elementos formales de las agujas laterales que, arrancando desde el suelo, enclavan y enmarcan la fachada hasta la misma coronación, según la altura y remate que, inicialmente, concibe el maestro Colonia. Se trata de doseletes, peanas y coronaciones de factura gótica, muy calada y etérea que, hilvanándose unos con otros, protegen las esculturas y son paradigmas de verdaderas maquetas estructurales, hasta el punto de que montaje, casamiento y talla del elemento general o de los parciales (todos con figuración global de pináculo) resultan ser verdaderos ensayos estructurales en maquetas de piedra, sin cuyo concurso y experiencia quizá no hubiera podido florecer la osadía que van a manifestar los colegas arquitectos de la siguiente generación, en especial Rodrigo Gil Hontañón, cuando construyen los espacios de las iglesias de planta salón, realizados en las etapas postreras del último gótico, asumiendo riesgos estructurales al límite de lo estable, en pro del contraste espectacular y sensible de grandes volúmenes, sin apenas contrafuertes, que se manifiestan albergando espacios inconmensurables en altura, diafanidad y limpieza. Un arca de esencias que constituye la última pasión del gótico, puesto que el poderoso estado burócrata, colonizador e italianizante de Felipe II,[3] ávido de nuevas derrotas[4] y de respuestas de vanguardia a la moda del momento, va a promover exclusivamente la arquitectura que lleve el sello del poder.

En San Pablo, los doseletes góticos de las agujas son algo más que mera decoración. Reproducen los esquemas de los arcos generales de la fachada (carpanel, mixtilíneos, conopiales, etc.) sin olvidar los pequeños y delicados caireles que, evidentemente, resultan invisibles. No sólo desde la calle, sino también ¡casi desde el andamio de la propia fachada!

Además de un mensaje de coherencia lingüística, los caireles (llamados otras veces rocallas, por su forma, o cardinas, macollas, florones, etc. por diversas circunstancias) sirven de ejemplo emblemático para indicar lo que sucede en el conjunto de la obra. Y también de indicadores de las deformaciones de los arquillos del dosel, en relación a las celosías de caladuras que actúan de plementos, sean o no solidarias con los mismos.

La composición general, basada en la multiplicidad de vistas laterales permite que la profundidad y lateralización de la percepción formal sea tan rica y compleja como la de la propia fachada.

Si la disposición ornamental y plástica utiliza piezas similares con tamaño diferente, la composición general, basada en la multiplicidad de vistas laterales mediante una hábil geometría de giro del cuadra-



Figura 1
Fachada San Pablo

do inicial (un octavo de vuelta), permite que la profundidad y lateralización de la percepción formal sea tan rica y compleja como la de la fachada. Otro tanto puede decirse de los despieces, con vuelos de osadía mayor y, ligereza imposible, conseguidos vaciando la masa de las piezas de forma inverosímil y creando una osamenta calada de gran densidad, de extraordinaria finura y de tracería netamente estructural.

Motivación del análisis

No puede dudarse que las agujas, emergentes desde el suelo, tienen una importancia capital desde el punto de vista constructivo-estructural. Pero no son menos interesantes desde el punto de vista del flanqueo y enmarque, es decir desde el punto de vista compositivo y perceptivo. Otro tanto puede decirse respecto a su representatividad, cuajadas, como están, de iconografía, de modo que parecen, incluso, una disculpa para albergar esculturas, cumpliendo así una función de soporte, además de canalizar las aguas en los rincones laterales, ocultando los mismos. Aunque todas estas misiones de las agujas se coordinan, apoyan e interrelacionas entre sí, vamos a despiezar los diferentes sistemas mencionados, para alcanzar un análisis claro y discriminado que nos aporte una verdadera valoración de estos elementos, concebidos tradicionalmente como abigarrados, recargados y de poca valía pese a su espectacular explosión formal.

Porque la tesis que se va a defender es que, contrariamente a lo indicado, estas agujas son el testimonio de una época y etapa formal cuya lectura no sabemos hacer, encierran la sabiduría del conocimiento mecánico y tectónico de la piedra cuando nosotros sólo alcanzamos a caracterizar parámetros, expresan un oficio perdido, cuyas trazas, plantillas, modo de operar y visión geométrica eran, también, las del escultor del espacio.

Olvidamos, con frecuencia, que la maestría del gótico tardío, en su apasionante evolución, aunque sabe convivir con el mudéjar y las arquitecturas de fábricas de ladrillo, tiene los días contados desde el momento en que el Renacimiento se impone como el estilo del poder[5]. Se matan así oficios, criterios, representaciones y, en definitiva, arquitecturas que por avatares de la Historia no llegaron a dar todo aquello que les era posible.

Sólo en el siglo XIX ha sido factible rescatar estos supuestos estilos bárbaros (Viollet-le-Duc) y hacer relevantes algunos de sus valores. Todavía en el siglo XXI desconocemos mucha de la sabiduría estructural,[6] del lenguaje ornamental, de los efectos plásticos perseguidos, del oficio desarrollado, de la riqueza del espacio arquitectónico, del conocimiento de la geometría y de la perspectiva, de una versatilidad capaz de hacer piezas únicas o industrializadas, de la manera de concebir y modelizar los proyectos, etc.

Estamos, todavía, ante múltiples oportunidades, a través de los edificios existentes, de prestar atención a los aspectos formales, constructivos y estructurales de estos elementos. Aparentemente, la impronta formal tan calada y tan provista de nervaduras aéreas, abundantes y complejas, hace pensar en un deterioro rápido de las partes esculpidas. Aún sin ser del todo cierto este último aserto, la erosión y las cuantiosas

pérdidas de material nos parecen menos importantes porque la profusión de elementos ornamentales hace que no distingamos con preocupación los innumerables faltantes.

Intentemos, entonces, enumerar, definir y desvelar el papel de las agujas laterales:

Misión de las agujas en el orden constructivo-estructural

Los doseletes, peanas y coronaciones de pináculos, que se multiplican en las agujas por todos los flancos, tienen diferentes misiones, tanto en su conjunto como en sus aspectos particulares. En general, se hablará de cada aguja como un cuerpo único, aunque vamos a ver que el mismo sistema formal va a contener a otro hasta incluso en dos o más rangos. Así, una aguja es, en sí misma, un gran pináculo del que emergen, en distintos niveles, otros pináculos a modo de macollas. Tales pináculos, de orden secundario, sirven de coronación de los doseletes y, simplemente, se pierden en su propio remate, adelgazando la sección general a medida que ascendemos. De estos pináculos, de segundo rango o pináculos locales, vuelven a surgir caireles y pequeñas macollas, pero aflora, sobre todo, una jaula de diminutos arbotantes y contrafuertes enlazados entre sí, en sus puntos de encuentro, por nuevas nervaduras aéreas, cual atrevidísimos puentes. Según el rol asignado a cada sillar en el pináculo, se recrean complicadísimas formas ojivales, balaustradas en miniatura, columnillas análogas a las generales, capillas y celosías mínimas. En resumen, cuando se ve todo ello desde el andamio se aprecia toda una labor de arquitectura de pequeño tamaño más ligada, en nuestra memoria, a la escala de producción de los orfebres que a la imagen que se puede tener desde el suelo.

Como contrafuertes del primer edificio hasta 1600. Las agujas, en tanto que monolitos, actúan como contrafuertes solidarios a la fachada. El despiece constructivo que se ha podido ver, al desmontar los cinco sillares superpuestos que conformaban cada doselete-pináculo local correspondiente al nivel de andamio nº 5 y a parte de los extremos finales del estrato iconográfico nº 2 (banda del arco carpanel, de la representación de la coronación de la virgen y de las armas de los Rojas-Sandoval sobre las enjutas con escudos de tenantes), junto con el comienzo del estrato iconográfico nº 3 (banda de los evangelistas bajo los arcos trilobulados mixtilíneos, con una capa avanzada de directrices verticales dadas por San Pablo, Dios Padre y San Pedro), se adosa al muro de cada uno de los chaflanes de la fachada, sin dejar llaves de penetración que enjarjen y solidaricen las agujas con los muros.

Al menos, el enjarje parecería obligado en las hiladas de las peanas, que sufren la carga puntual de cada escultura y están sometidas a un momento flector en el voladizo. Tal desequilibrio debe ser contrarrestado diluyendo en el empotramiento un conjunto suficiente de fuerzas paralelas para que se anule la palanca producida por el peso de la estatua. Los doseletes interiores de cada aguja en este nivel han mostrado un relleno interno de estado regular y una serie de sillares esculpidos con primor, casi más propios de un forro que de un cuerpo macizo.

En definitiva, las agujas se construyen como pilastras adosadas y relativamente solidarias, cuya pesantía ejerce de machón, es decir, de contrafuerte adosado al muro, dejando exento de la fachada y como pináculo de enclavamiento el nivel de las últimas esculturas y la coronación, que remata con una pequeña flecha surgida de una flor bajo la cual hay un babero poligonal que protege, sin duda, las macollas de la conformación de pináculo terminal.

Puesto que la torre avanza y se retranquea en el chaflán, hay que pensar que si, como sabemos, existió otra fachada anterior y otra torre-espadaña, al menos en el lado del evangelio,[7] un contrafuerte diagonal pudo haber tenido allí presencia, realizado seguramente en la época de Fray Juan de Torquemada[8] o anterior. Simón se encuentra el contrafuerte y la espadaña vieja, procedentes, es posible, de épocas distintas. Si existen o no bóvedas que justifiquen el primero es cuestión inocua, pues sea como fuere, debieron estar mucho más bajas, justo acometiendo a la altura de la tangente horizontal más alta de la roseta, que es, precisamente, el punto donde la aguja general se desvincula de la fachada. En todo caso, el machón diagonal da, al de Colonia, la idea del chaflán[9] y del magnífico cierre lateral con agujas que se puede hacer a la composición. Estamos ante la verdadera arquitectura: cuando composición, construcción, estructura, preexistencias previas y lugar apoyan la misma solución y se funden en una razón compleja, general e íntegra, con el máximo aprovechamiento de cada uno de los recursos.

La fachada de Simón de Colonia ha construido así, en el primer tramo de la iglesia, un doble refuerzo al machón diagonal: por una parte, el forro de la torre-espadaña y por otra, la gran aguja lateral, lo cual demuestra ya la ambición de erigir un posible coro o de subir las cubiertas, a costa de aumentar los empujes. Son tales empujes los que, pensando en un futuro, podrían absorberse —y podrán— cuando el Duque de Lerma en 1600 inicie la última gran campaña de San Pablo, que afectó a la plaza —llamada entonces del Palacio— completa y a sus edificaciones.

No obstante, el verdadero contrafuerte será el cuerpo general de la torre-espadaña, de tres metros y medio de espesor, ya que la aguja, en cada lado, se ha construido adosada pero con bastante capacidad de asumir deformaciones respecto a la fachada. Esta capacidad de adaptación, esta plasticidad, ha salvado su estabilidad y su integridad. Una construcción solidaria, no muy rígida, preparada para adaptar el material interno a diferentes posiciones. Una construcción que sólo ha sufrido las fisuras diagonales propias del esfuerzo cortante inducido por los asientos diferenciales entre el cuerpo de la aguja y el cuerpo de la torre, cuando ambos se cimentan el uno al lado de otro, a distintas profundidades y, para el caso del lado del epístola, en diferente época.



Figura 2
Fisura estructural en fachada

Son guías de la métrica constructiva, compositiva e iconográfica. En San Pablo, para la restauración actual, se han construido hasta 18 niveles de andamio, equivalentes a 35,40 metros de elevación que, sumados a la altura del punto de vista de una persona, suponen, un total de 37,10 metros, por lo que no resulta extraño que desde allí se dominen las cubiertas de la catedral de Valladolid.

Para hacernos una idea general, en relación a la altura, de los niveles de la fachada, hay que distinguir dos aspectos: el operativo o de obra, que necesita un andamio normalizado de dos metros de altura por cada nivel de plataforma, teniendo en cuenta que, en San Pablo, la primera plataforma se coloca a un metro cuarenta sobre el suelo; y el aspecto de percepción iconográfica que, al situar las esculturas en bandas horizontales perfectamente organizadas, permite diferentes apreciaciones según la altura, el tamaño y los posibles puntos de vista.

Así, tendremos un estrato inicial de iconografía escasa, que vamos a denominar nº 0, porque es el zócalo de arranque y sólo tiene iconografía en el propio ámbito de la entrada. Las esculturas son las vírgenes y santas dominicas, que directamente reciben en el umbral de la puerta. Este estrato mide 3,38 metros y alcanza hasta la línea de los sillares de peanas de los cuatros santos dominicos principales del segundo estrato, incluyendo éstas y excluyendo los doseles de las santas dominicas mencionadas.

El primer estrato, de altura análoga al más bajo, llega hasta la cara superior de la peana general de la escena de la Coronación de la Virgen, incluye los doseles de las esculturas más avanzadas de las agujas y comprende toda la iconografía de los dominicos más preeminentes, desde Santo Domingo de Guzmán hasta Santo Tomás de Aquino, que presentan el discurso de la fachada y presiden el atrio. El arco mixtilíneo-conopial de la puerta de acceso también pertenece a este estrato.

La segunda banda iconográfica, 3,82 metros de altura, exalta la Coronación de la Virgen, contiene el gran arco carpanel de tres conopios, con cuatro ángeles en vuelo, 10 caireles de rocallas (uno quebrado y otros rotos en reformas o erosionados) y una dimensión abarcante espectacular, que deja pequeñas enjutas para la heráldica y los ángeles tenantes de los escudos, además de incluir el segundo nivel de esculturas figurativas de las agujas.

El tercer estrato es muy unitario: los evangelistas, que simbolizan mejor que nunca el apostolado inte-

lectual, dando fe por escrito de la palabra y los hechos de las sagradas escrituras, bajo un fondo de dos arcos trilobulados mixtilíneos, cuyos puntos singulares quedan presididos en un plano más avanzado por la figura central del Santo Padre y las de San Pablo y San Pedro a derecha e izquierda del mismo, en una inversión jerárquica que bien merece licencia tratándose de la fachada de la iglesia que lleva el nombre del primero. San Pablo, con la espada directriz del camino recto y San Pedro, aferrando las llaves del paraíso (claves del conocimiento tanto místico como material), ambos de carácter impetuoso y de probado coraje flanquean a Dios Padre, cuya mano izquierda sujetando la bola del universo mundo nos indica quien es el hacedor de todo lo creado, de la luz (la coronación de su doselete es el punto de mira de la roseta) y de la sabiduría (preside el estrato donde proliferan los libros, escabeles, anaqueles, atriles, etc.) Este estrato posee una altura de 3,83 metros y contiene el tercer nivel de esculturas de las agujas.

La cuarta banda de estratigrafía iconográfica nos traslada la luz (el mundo más esencialmente espiritual) que trasciende (accede) al interior del templo, auténtico punto de encuentro entre Dios y los hombres. Acompañan y buscan la proximidad de esa luz trascendente los grandes escudos con ángeles tenantes que representan a los patronos y la nobleza, así como, en su día, en la quinta banda, cuando estaba coronando toda la fachada el escudo de los Reyes Católicos, la evocación de la realiza, máximo poder terrenal El cuarto estrato mide 3,78 metros de altura, contando como hasta ahora desde la base de una imposta o peana corrida hasta la siguiente.

Las bandas quinta y sexta cambian la dimensión: 3,43 y 3,38 metros de altura. Pertenecen a la obra realizada por los sucesores de Simón de Colonia en fecha indeterminada pero, sin duda, próxima a la del patronazgo de Lerma, ya que se han encontrado, en las riostras de los cimientos que realiza el Duque, trozos de losas de piedra que pertenecen a los fondos de estrellas. O estas bandas están hechas como inicio de la obra de 1600 o se retiraron algunas placas de estrellas de los laterales para poder hacer el acuerdo de las torres, lo que quiere decir que la obra de estos estratos no estaba terminada, permanecía bastante «viva».

La diferencia de métrica de ambas bandas, en relación a las inmediatamente precedentes puede responder al la intención de acusar la perspectiva acortando los tramos que más se distancian del observador. Aunque la banda superior sea, también, imperceptiblemente menor, en el conjunto, a efectos de percepción óptica, la altura es la misma, el edificio parece más alto y la fuga de paralelas se acentúa. Este efecto está profusamente difundido en el Renacimiento y tendrá extraordinaria vigencia, con la evolución correspondiente, en el paisaje urbano,[10] hasta la segunda década del propio siglo XX, cuando la abstracción de la composición se desvela directamente al público.

A finales del siglo XV las composiciones seguían siendo góticas pero se detentaba el dominio de la geometría, por más compleja que fuera, y de su efecto perspectivo, características gracias a las cuales el maestro Colonia podía tener tal consideración. El despiece del escudo del frontón en retícula y toda la fachada hasta la roseta son composiciones de bastidor, muy limpias, muy armadas. El efecto de perspectiva se confiaba más a deformaciones de paralelas aparentes que no lo son, a diferentes tamaños de las mismas piezas para posiciones distintas, a la aproximación del plano a la realidad cuando se dibuja una vista aérea, a cambios de anchura de elementos señeros, a deformaciones de ángulos que figuran como rectos; en suma, al efecto de los desplazamientos inducidos por una especie de compresión mecánica externa —que aplasta las paralelas, reduce el tamaño de los dibujos de los fondos arquitectónicos, repliega perspectivas al plano del papel, adelgaza la anchura de partes arquitectónicas completas[11] y acorta los giros de 90º a 76º.

De manera que la propia fachada de San Pablo, aún producida en el contexto y por artistas de formación gótica —en un momento que por la acumulación de efectos y elementos formales podemos calificar de manierista o de rebuscado, en el sentido de que busca explayar casi todos los entronques, gestos, tensiones y contrastes que domina, nunca de gratuito, caprichoso ni descontrolado— tiene ya contaminaciones renacentistas[12] muy importantes que se observan desde el principio y, sobre todo, en las bandas iconográficas quinta y sexta. Tales bandas, que siguen usando elementos decorativos y espaciales de raigambre gótica —los fondos de estrellas, la coronación corrida de arquerías quebradas y ciegas con puntas treboladas, los imponentes doseles de los grupos escultóricos, algunas peanas de las esculturas centrales y la decoración de las impostas y montantes de las grandes divisiones, que tienen la misma figu-

ración y geometría romboidal de las columnillas de los doseles de los grupos de escultura citados o, para más evidencia, de muchos doseles de las agujas y de partes realizadas inequívocamente por Colonia— han sido las más cualificadas, con irónico acierto, como de estilo plateresco.[13]

La séptima banda iconográfica está ejecutada en la obra que Lerma inicia hacia 1600. Con gran sentido de la integración en el último cuerpo y en el conjunto en general, tiene, aproximadamente, de la misma altura que las precedentes, 3,43 metros. Como coronación, la composición debe tener una seriación de elementos que nos hable del cierre del cuerpo plano. Asignando a cada una de las escenas u hornacinas de la banda anterior nuevas hornacinas que representan de nuevo a los santos dominicos principales (que nos reciben junto a la puerta y nos despiden ya aquí, junto al cielo) y colocando las armas de los Rojas-Sandoval en los cuadros de las calles laterales a la roseta se logra la banda más seriada de todas sin perder la simetría, muy visible por el tamaño de los escudos. Las hornacinas se conforman con arcos de medio punto y se recercan con molduras de cañón decoradas con rombos similares a los de las impostas y nervios verticales de la mayoría de los doseletes de la fachada. Sólo la virgen con el niño se sale de esta tónica —junto con los dos evangelistas de las hornacinas laterales de la quinta banda, coincidiendo en el cambio de ornamentación de la moldura y en la utilización de un arco trilobulado.

Resulta curioso observar como se ha formado aquí un triangulo isósceles, uniendo las tres figuras, de base 12,10 metros y de lados simétricos de 9 metros. El desarrollo de estas proporciones corresponde a la composición, pero es digno de tener en cuenta que el triángulo nos arrastra visualmente las últimas figuras de las agujas hacia la virgen, que preside el punto más alto del eje principal. Este triángulo virtual, abstracto, de naturaleza divina,[14] que constituye el ojo de Dios sobre la bóveda celeste del fondo se inserta en la mejor tradición medieval,[15] de crear alegorías o símbolos con los números y elementos de la fachada, pero llevar tales puntos críticos a la cabeza de las esculturas es dominio propio del renacimiento, que usa esquemas de relación antropomorfos incluso cuando tiene solo piezas de construcción (dinteles, pies de jambas, etc.)

No falta tampoco, para mayor halago de la construcción renacentista, la proporción sexquiáltera, que, si es normal durante todo el siglo XVI y XVII en los huecos verticales de los monumentos, aparece aquí en el ojo del huracán de la fachada, en los tres tarjetones apaisados de la calle central[16] y, por añadidura, en la puerta de entrada de Simón de Colonia, aunque no de forma tan evidente. En efecto, si recordamos la altura de las dos primeras bandas estratigráficas era la misma, es decir que se nos muestra un aspecto más donde los continuadores han seguido las mismas claves del guión trazado por el maestro. Como en toda la fachada, a las cuestiones evidentes —santos dominicos en el inicio del zócalo y en la conclusión de la coronación— acompañan otras abstractas y métricas —misma dimensión— que sirven para la construcción (andamios), para la armonía de la composición y para relacionar la iconografía.

Atendiendo a este mensaje abstracto, material e implementado de conocimiento, se pueden distinguir los cuatro elementos primarios en la fachada. El agua se manifiesta en la primera banda iconográfica, en el arco mixtilíneo y conopial de las arquivoltas de la entrada, donde es indiscutible que se transmite una ilusión sensitiva muy marcada. La tierra descansa en la peana de la coronación de la Virgen, la segunda banda, lugar de las máximas jerarquías terrenales y del coro de los niños o ángeles músicos-cantores, donde se ubican nuestras representaciones convencionales de los hechos, de la Virgen y de la Trinidad,[17] y también a San Juan Evangelista, que no por casualidad está sobre las aguas. El fuego se verifica en la llama del conocimiento de la banda tercera, la de los evangelistas, hacia donde los conopios del casquete de nuestro mundo se estiran a modo de flamas. Allí reside el mundo de la evangelización, de la Máxima Sabiduría, flanqueada por los santos Pablo y Pedro.[18] Y, finalmente, en la cuarta banda, la roseta simboliza la luz que penetra al interior del templo, el cielo que la alberga, es decir, el aire, tan inaprensible para nuestra sensibilidad y, siempre, tan omnipresente como el mismo cielo.

La continuación es la noche estrellada del universo, que sirve de ámbito a la narrativa más alegórica, en la misma orientación, la resurrección, puerta y transición, a través de la muerte, hacia los caminos ignotos del conocimiento, tanto racional como sensible. El triángulo isósceles mencionado abona este aserto, tan virtual y existente como la misma geometría.

Por encima, rematando el edificio con un frontón recto y enérgico, de clara influencia renacentista, se ubican las armas de los Reyes Católicos y, por tanto, de la nación, desde que Alfonso VI se proclamara

«Totius hispanorum rex». El triángulo del frontón realista está bien visible, encima del invisible mencionado. Y coronando todo el conjunto, la veleta y la Santa Cruz. Estamos en la séptima banda iconográfica que, en puridad, sólo debía afectar al escudo con el águila y los leones. Mide también 3,78 metros de altura.[19] La construcción nos aporta aquí pistas para saber cómo era el frontón construido o proyectado por Simón de Colonia, ya que los despieces de juntas horizontales (tendeles) pasan a la primera moldura en pendiente hasta un cierto nivel, que coincide con las verticales de la calle central; a partir de este punto las juntas de las molduras en pendiente son perpendiculares a su directriz. Lo que indica que pudo haber existido una composición más acorde con el maestro Colonia, con un frontón mixto y quebrado, coronado por cresterías de basamento cóncavo.[20]

Hay que poner de relieve que la fachada tiene más unidad formal, decorativa e iconográfica de lo que a primera vista parece, a pesar de las vicisitudes temporales bien documentadas por los historiadores. Además, ello concuerda con los módulos dimensionales de composición y de construcción, pues las alturas de bandas son, en definitiva, las que se encuentran en la tolerancia de dos pisos, dos plataformas de andamio de los antiguos. Es decir, se podría afirmar que razones constructivas principales y de no posible desacato constituyen la armadura que va a guiar la composición, a ubicar la iconografía y a conseguir el doble mensaje de la cultura religiosa y del conocimiento, dentro del marco no desvelado de la abstracción.

Por otra parte, es fundamental el papel de las agujas como directrices, como pautas de composición, que nos deja Simón de Colonia para el caso de que el edificio crezca en altura, cuestión que ocurrió. De los cinco niveles de estatuas que jalonan las agujas, en el primero la altura de las esculturas es de 1,95 metros, en el segundo de 1,55 metros y en el tercero, cuarto y quinto de 1,15 metros. Cada nivel de las agujas corresponde en numeración con el estrato de iconografía correlativo y su disminución de alturas da la reducción del tamaño perspectivo. De manera que se tienen tres niveles reduciendo alturas (acordes con las bandas por encima de la puerta de entrada) y tres niveles de esculturas con la misma dimensión vertical (acordes con las bandas planas del plateresco).[21]

En resumen, la fachada inicial de Simón de Colonia aporta tales claves de continuidad que los maestros arquitectos que continúan su labor entienden perfectamente el mensaje aportado y proyectan con la idea de unicidad de la obra, de racionalidad y economía, de reconocimiento de las partes, de métrica y composición solo legible para los poseedores del oficio y de iconografía bastante lógica, identificada y compuesta con arreglo a parámetros externos y abstractos que fortalecen los aspectos de lectura y emoción estética. Todo ello sin salirse de un guión dominante constructivo y estructural impecable, dirigido por un orden condensado no en una columna de la arquitectura clásica, sino en las agujas laterales, que sirven aquí de canon. Se trata aún, no obstante, de interpretaciones incipientes e introductorias al monumental entramado mental que subyace tras la fachada de San Pablo.

Como contrafuertes del coro, enclavando fachada y riostras. Cuando Lerma completa y transforma la fachada y toda la iglesia, en general, los machones embutidos en las torres y las agujas cobran mayor papel. El empuje de la bóveda del coro se añade, ahora, a las solicitaciones que se ejercen sobre estos refuerzos a modo de contrafuertes. A favor juega la elevación de las torres, cuyo incremento es notable y, en contra, el hecho de coronarse con nuevas bóvedas. Sin embargo, como el espesor de los muros es tan importante y la disposición del chaflán se opone casi directamente a la resultante del nervio, el empuje no preocupa.

No obstante, en la época del duque, cien años después de la construcción de las agujas, es más que probable que observaran las fisuraciones diagonales —históricas para nosotros-producto de los mencionados asientos diferenciales. Para poner coto a tal deformación vale, cual era práctica habitual, oponer una fuerza (una masa) igual y contraria. Como las fisuraciones llevan la dirección exterior-abajo hacia interior-arriba y tomando de referencia la aguja, toda diagonal que quiera cerrar la fisura debe descomponerse en una reacción hacia arriba y otra hacia el exterior de la fachada. La primera viene garantizada por el suelo, suficientemente estabilizado en una centuria de compresiones, y la segunda se suministra construyendo una riostra de piedra de sección enorme (3 m de ancho por 2,5 m de altura) que, apuntalada, por un extremo, en la base-cimiento de la primera pila de la nave, enclava y fija la base del muro de fachada por el extremo contrario.

La lógica es absoluta e idéntica a la del uso del peso del pináculo para clavar (evitar su efecto) una fuerza horizontal, un empuje. Como lo que hay que estabilizar es el peso de toda la fachada se dispone la

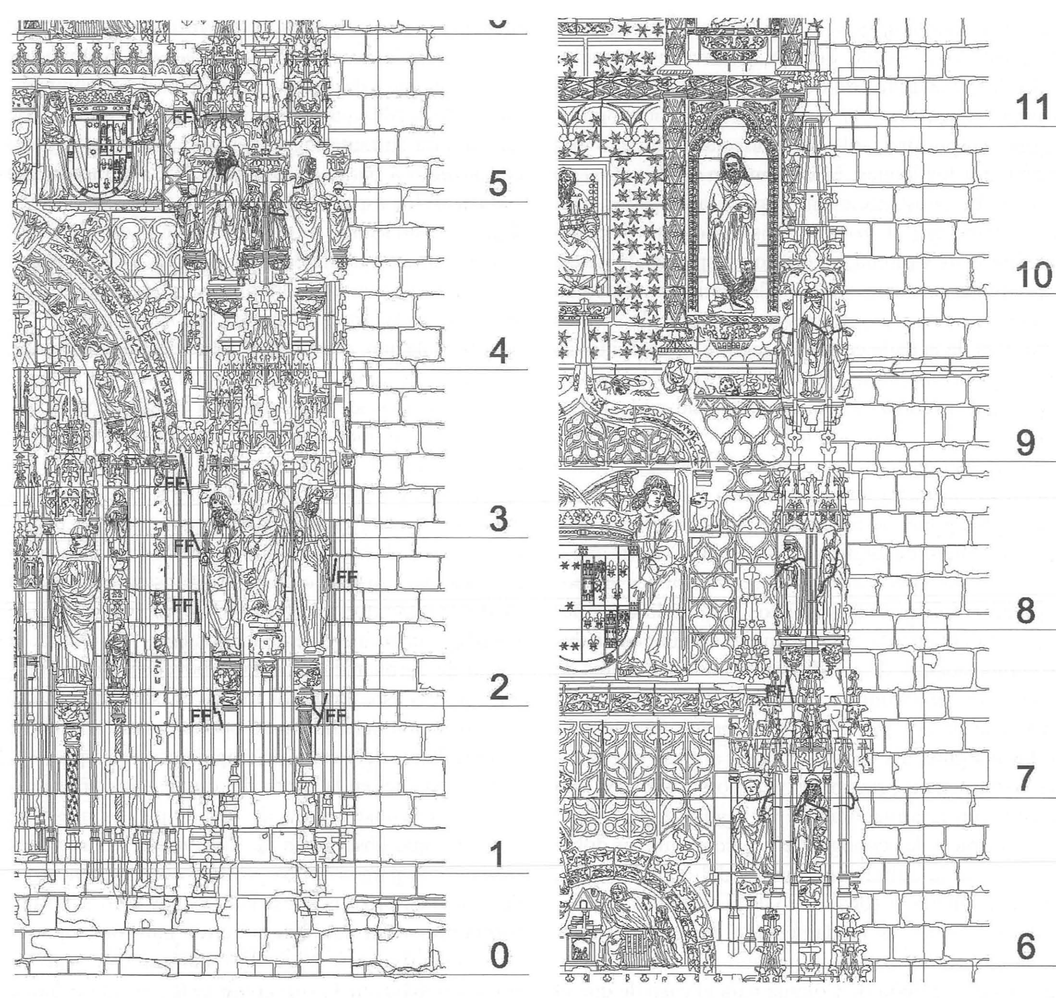


Figura 3
Pináculo derecho de la fachada de San Pablo del nivel 0 al 5

Figura 4
Pináculo derecho de la fachada de San Pablo del nivel 6 al 11

riostra más grande posible, de filiación indudable y adscrita a la gran reforma del duque, dado que sus dimensiones proceden de la anchura de las pilas reformadas del interior. Además, se encuentra allí algún resto de piedras esculpidas con motivos de estrellas entrantes y salientes que caracterizan los forros de las dos bandas platerescas que se elevan directamente sobre la obra de Colonia. Constatación que nos hace pensar cada vez más en la proximidad temporal a la campaña del duque de todo lo no construido por Simón de Colonia. Sin contar con que la ejecución de estas bandas pudiera estar desarrollada muy poco antes o casi a la vez y que las fases y rectificaciones que se manifiestan en la corona del reloj, las impostas y los sillares de las torres son delatoras de la cualidad de la fachada, que no se consideraba con el suficiente empaque y proporción como para presidir la ascensión celeste de la plaza del Palacio.

Desarrollan problemas constructivos de despiece y sustitución. Las agujas poseen un despiece de silla-

res que permite, en algunas zonas, renovar doseletes-pináculos completos sin desestabilizar el conjunto. En el nivel cinco de la aguja derecha[22] tenemos un ejemplo concreto. En este conjunto local, el dosel propiamente dicho y los sucesivos sillares superpuestos que le coronan y dan significación, tienen, entre ellos, la llaga del frente de fachada casi continua y siempre ubicada en el lado izquierdo —el del doselete y pináculo local— con respecto al eje vertical de simetría del conjunto de la aguja.

Por el contrario, el sillar que corresponde a la peana de la escultura siguiente, que se sitúa justo por encima del conjunto local anterior tiene la llaga desplazada hacia la derecha en relación a la junta vertical continua de más abajo y puede funcionar como un voladizo perfectamente estable, contrapesado en su vuelco por todo el resto de aguja que se sitúa por encima. El resultado es interesante: se puede sustituir un elemento formal completo constituido por varios sillares consecutivos en el orden vertical (cinco en este caso) sin ningún tipo de apeo o refuerzo. Hay que comenzar por el de más arriba, justo el ubicado inmediatamente por debajo de la peana e ir sacando las piezas una a una.

Maquetas de pequeños edificios con arbotantes, contrafuertes, nervios, etc. Los doseletes de las agujas son tan complejos que constituyen ensayos de verdaderos modelos en piedra y a escala de tamaño reducido en un lugar donde además de una situación muy expuesta y de riesgo, dado que son voladizos que permanecen exentos en un 65% de su perímetro. Tienen nervios a modo de contrafuertes, arbotantes, atados horizontales, etc. y están estudiados para que el agua salga a modo de chupitel repartida entre los distintos nervios verticales.

La forma ornamental de los doseles relaciona vacío y materia. Es evidente que la relación entre vacío y materia es fundamental para estos doseletes, ensayos de modelos de estabilidad. No solo para el tema estructural, sino también para el problema ya mencionado de la evacuación de aguas o el de la afectación de luces y sombras a las diferentes horas del día. Sin contar con la habilidad para que las pérdidas de materia, que son muchas, no se traduzcan en

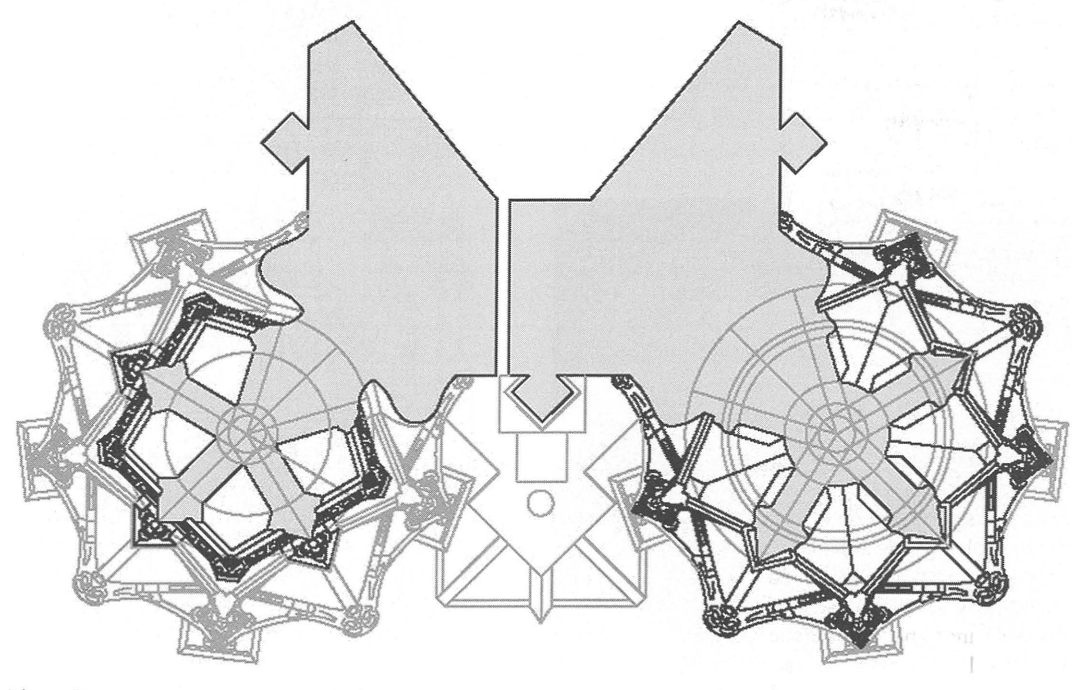


Figura 5
Planta doselete a diferentes niveles

una percepción formal indeseable y dañina. En esa virtud está también inherente su mortal condición de piezas a las que no se presta atención, que no tienen el valor de la escultura figurativa y cuya desaparición reviste un infortunio menor. Tendencia que hay que romper para ponerse a comprender y estudiar desde el oficio hasta el mensaje jerárquico e iconográfico que nos legan. Pues es bien claro que los sistemas iconográficos y compositivos-constructivos se relacionan entre ellos permanentemente en esta fachada.

La ornamentación se repite idéntica en diferentes tamaños. Es el caso ya mencionado de las columnillas o impostas o nervios de doseletes de decoración geométrica romboidal, de las escamas, de los fondos de celosía gótica o de otros fondos en retícula, de los pináculos y diferentes remates, de las estrellas y de los escudos. En definitiva, de la idea de visión perspectiva desarrollada al hablar de los estratos constructivo-iconográficos.

El mismo ornato puede encontrarse en partes muy dispares de la fachada. En efecto y ello responde a la consecución de los efectos de frontalidad o de fuga de los diferentes elementos y partes de la fachada, siempre con el criterio de primar las visiones más importantes desde la Plaza del Palacio.

Lo decorativo tiene siempre la misma sintaxis constructivo-arquitectónica. Si el flamígero es espíritu y fuerza, el plateresco es educación de modales, de co-

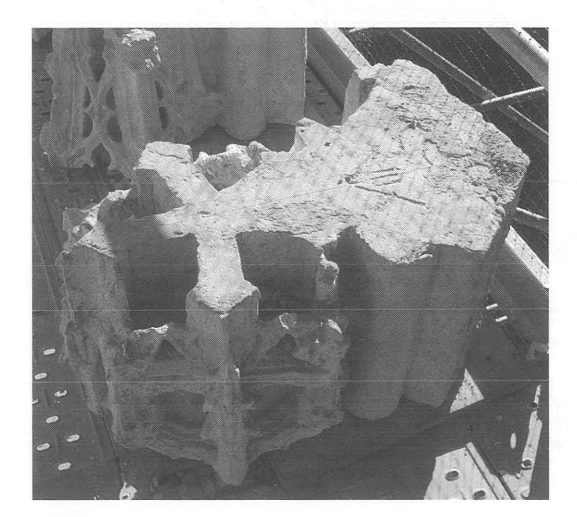


Figura 6
Pieza de doselete

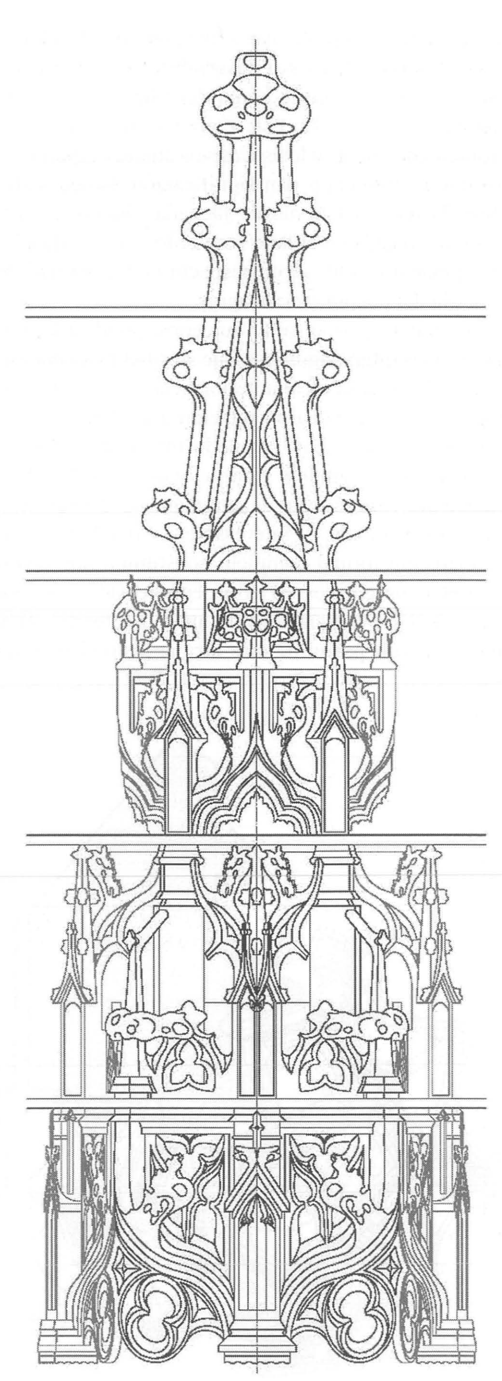


Figura 7
Vista frontal de doselete en plano de fachada

locación de las cosas, de narración directa y de elegancia en el porte, eso sí, con proporciones renacentistas: arcos de medio punto, relación sexquiáltera (dos a tres), enjutas escenificadas y peana sobre peana. Lo que en Simón de Colonia es procesión perspectiva[23], en profundidad, en el resto es edificio con huecos de ubicación didáctica. Donde el gótico representa un rito urbano cargado de referencias y contenidos ambivalentes, de claridad religiosa e intelectual, pero también de segundas lecturas metafísicas, el plateresco se vuelve hacia el renacimiento mostrando un modelo plano (es solo aquí donde está la fachada retablo), la mera elevación del edificio de hornacinas que cuentan suave y ordenadamente lo que el poder dicta.

Para Colonia, la fachada es una calle urbana, con vida y movimiento, donde se representan aquellos eventos primordiales de la forma que sólo pueden ser vistos por los poderosos de su tiempo, difundiendo así el espíritu de la época: abrir los conocimientos y los hechos a la idea de difusión humanística como ocurre en paralelo con la imprenta. El plateresco sustituye la calle medieval por una fachada de ventanas autónomas, las escenas hilvanadas por figuras constreñidas a un marco, las penetraciones por la frontalidad, la tensión inacabable por el equilibrio de partida, las iluminaciones y vivencias de los libros que se cantaban en público por el control desolador y escueto de cada página, cuando ya se ha comprendido que si la difusión de la imprenta no se puede detener, al menos se puede dirigir. Y en arquitectura lo hará hacia el emergente estilo italiano, emulando los términos formales de la prestigiosa Roma. Reforma y Contrarreforma se van a repartir el brillante bagaje que ha dejado el final de la edad media, imponiendo nuevos actores, usos, costumbres y filosofías.

La fachada flamígera representa múltiples simbologías, la plateresca presenta la narrativa concreta. El gótico de San Pablo mira en profundidad y al sesgo, de lado y a través, siempre pendiente de recoger la última tensión, de trasladar con nervaduras hacia arriba una composición que no pierde ni agota un elemento en el camino, que construye lo material de tal manera que los mismos nervios trasladan las solicitaciones de la estructura hacia abajo. Este especial criterio de unidad hace el milagro de componer las diferentes partes de la fachada con orden de integridad general (unicidad) y de autonomía local y de las partes,[24] consiguiendo que cuanto más se afirma el uno más se apuntala el otro.

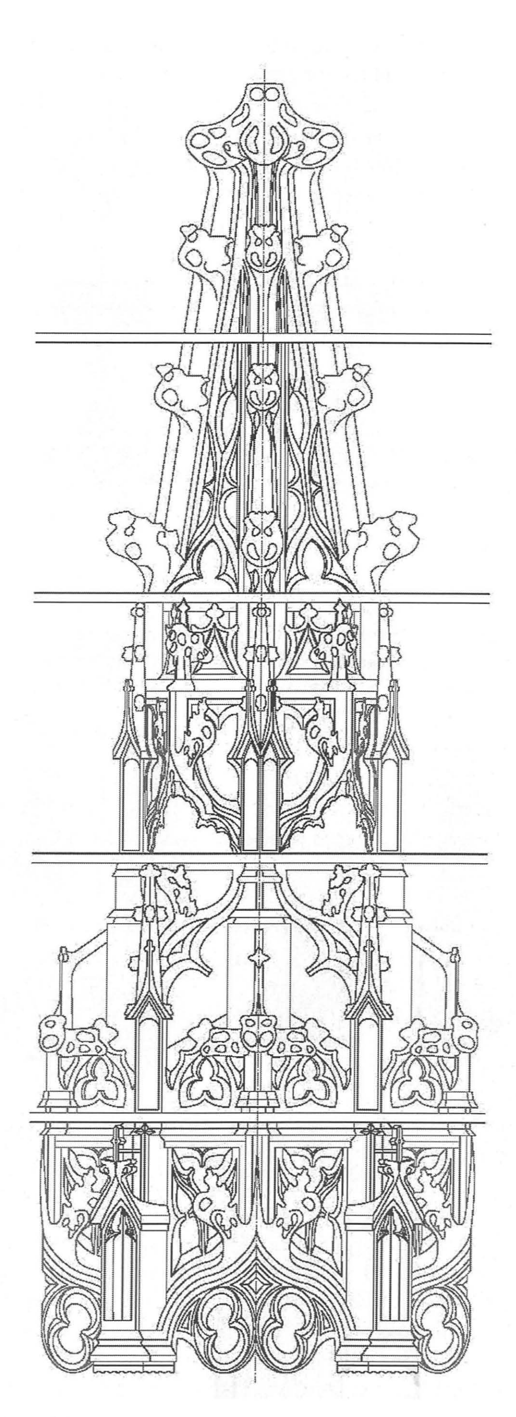


Figura 8
Vista de doselete giro 38° respecto al plano de fachada

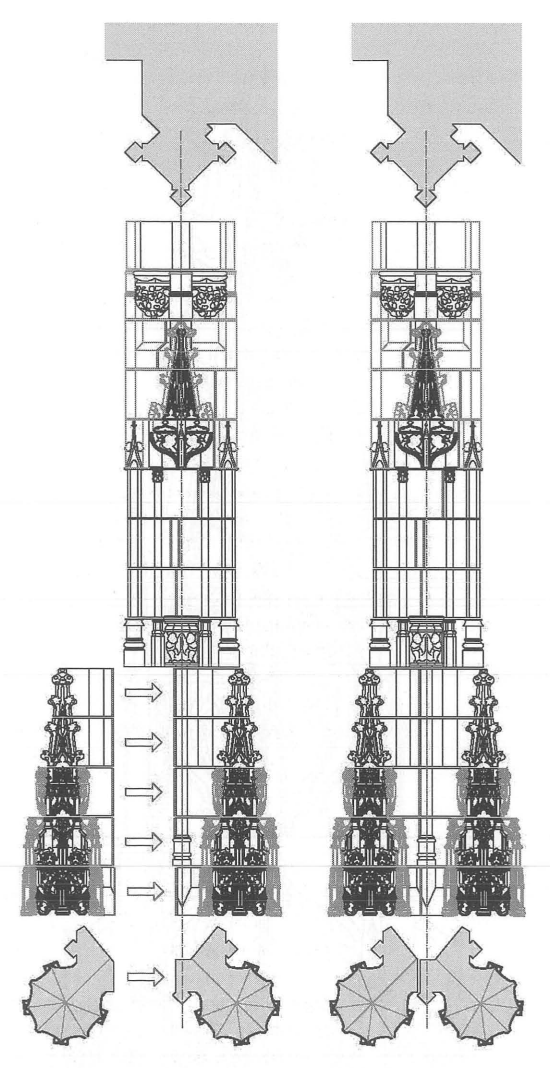


Figura 9
Esquema de montaje de la parte inferior del pináculo derecho y localización de las juntas

Constituyen una lección pedagógica, un libro abierto para enseñar el oficio. El seguimiento del proceso de dibujo y diseño del doselete, así como su construcción puede ilustrar esta afirmación.

Detectan con precisión los movimientos y asientos diferenciales. A través de fisuraciones diagonales que aparecen comprometidas por los asientos diferenciales existentes entre el muro y cada aguja. El muro tiende a asentar más debido a su mayor peso por unidad de superficie. El esfuerzo cortante producido hace que la frontera entre ambos cuerpos rasgue de forma diagonal.

Con fractura transversal de la escultura a partir del anclaje al muro. Estas fracturas, como las anteriores son ya históricas y se deben a la falta de articulación en la base de la escultura que no puede absorber los distintos movimientos de la aguja y rompe por su anclaje a su propio soporte.

Aunque se ha analizado la misión de las agujas desde el punto de vista de la construcción y de su papel estructural, ha sido inevitable el entrar en los demás aspectos, dada la comunión de soluciones y compromisos que aporta la fachada. Mencionamos ahora, simplemente, una lista objeto de futuros estudios, que afectan a las restantes angulaciones:

– Misión de las agujas en el orden compositivo

Elementos compositivos de flanqueo
Piezas que modelan la profundidad.
La geometría de las trazas es casi envolvente.
Dos cuadrados girados 45º.
Elementos de cambio de escala.

Sistema de percepción ascensional.
Arranque desde el suelo que favorece la tensión vertical.
Enmarcan el carpanel.
La altura percibida es mucho mayor

– Misión de las agujas en el orden iconográfico

La composición permite discriminar la iconografía.
Jerarquizan y dan perspectiva a cada escultura según la posición.
Valoran las figuras con tamaños y formas de doseles y peanas.

– Misión de las agujas en el orden funcional

Alojan las esculturas en nichos y sobre peanas.
Protegen las esculturas mediante doseletes.
Canalizan la escorrentía principal de pluviales.
Ocultan las patologías producidas por las lluvias, humedades y heladas.

NOTAS

1. Para un estudio histórico de la Iglesia de San Pablo se puede consultar la bibliografía anterior, pero hace falta ver sobre todo los estudios de Rivera Blanco, J., Director y autor de la memoria relativa al proyecto de restauración de la fachada de San Pablo de Valladolid: La fachada de la Iglesia y el convento de San Pablo de Valladolid. Colaboraciones de: Palomares Ibáñez, J. M., Pérez Gil, J., Andrés Ordax, S.
2. La portada más próxima es la de la fachada de San Gregorio.
3. Felipe II nace, además al lado de San Pablo, iglesia y fachada que, paradójicamente le acogen en su bautizo.
4. Derrota tiene aquí el sentido de derrotero, de rumbo.
5. Ya se manifiesta en la construcción del Palacio de Santa Cruz de Valladolid o en el palacio de Cogollado (Guadalajara), donde las ideas artísticas próximas a la realeza comienzan a propugnar ideas y elementos arquitectónicos italianizantes
6. Puede ser un buen ejemplo el caso de la catedral de Beauvais.
7. En las últimas catas realizadas en obra, la torre izquierda ha mostrado, sólo en el interior, un hueco similar a los de la fachada norte, lo que puede indicar que la ha forrado Simón de Colonia. Sería perfectamente lógico. Así se conciliaría la antigua media torre anterior, recreciendo un machón diagonal del extremo noroeste de una modesta fachada. El arquitecto aprovecha todo lo existente, dejando adarajas a partir del chaflán que queda adosado a la espadaña vieja, hasta que sus sucesores del taller u otro equipo terminan de recrecer la torre con la desconcertada mampostería actual.
8. No confundir con el Torquemada inquisidor.
9. El convento de las Isabelas (Santa Isabel), no muy lejos de San Pablo y de época similar, dispone de una fachada donde se pueden apreciar los machones diagonales (era una forma de construcción tipificada para dar rigidez a las esquinas y contrarrestar bóvedas), una entrada que tiene composición propia como portada y una fachada con un arco (tardío y restaurado) de ladrillo de gran tamaño y medio punto entre los contrafuertes, como en San Pablo. Al igual que allí, parece que hay un buen hacer de inteligencia constructiva, quizá acervo cultural común o de influencia de la iglesia dominica, pero en todo caso de tradición romana (por el lado renacentista) o local como resto físico o recuerdo compositivo y proporcionado de arco diafragma (por el lado mudéjar).
10. Un ejemplo próximo en el tiempo y en el espacio lo constituye la iglesia de Nuestra Señora de las Angustias, con un cuerpo superior que disminuye muchísimo la dimensión de altura en relación a la columnaza adosada del inferior. Esta exageración global, esta vehemencia formal, demasiado española, anticipadora en demasía del barroco, no hace sino seguir la natural evolución del gótico a considerar cada vez más el lugar y la perspectiva en detrimento del modelo ideal y de moda, alejándose de la finura y elegancia italianas. Pero lo que no se hace en la tendencia arquitectónica del momento se hace en otras artes. Por eso, será más fácil trasladar tales finezas y purismos a la arquitectura de modelos y maquetas, es decir, a la orfebrería, cuyos artífices se habían pasado siglos viendo a los maestros arquitectos presentar y estudiar representaciones de los edificios a tamaños reducidos. Además, el renacimiento, como arte del poder debe ser internacional, tener la filiación más prestigiosa posible (Roma) y prescindir de la pasión por conquistar la posición adecuada para obtener múltiples percepciones desde el lugar, razón que informa al último gótico. De alguna forma el entorno renacentista dicta cuál debe ser la perspectiva y el itinerario hacia el edificio o hacia su fachada.
    En el caso de la iglesia de Nuestra Señora de las Angustias, ambos cuerpos deben observarse desde bastante distancia, con el punto de vista elevado que proporciona la calle perpendicular a la fachada.
11. Contrariamente al más exquisito renacimiento de Palladio que falsea el ancho de las articulaciones y a ser posible, de los huecos o zonas en sombra, nunca de los cuerpos macizos y soleados, más fáciles de proporcionar a ojo.
12. En esta época se está construyendo también el Palacio de Santa Cruz en Valladolid, cuya fachada comienza en gótico y va evolucionando de forma ostensible hacia el renacimiento, por no hablar del derribo de parte de la portada, cuando se hallaba en construcción, por parecer obra antigua y de poca vigencia. Véase el artículo sobre el Palacio de Santa Cruz en Valladolid.
13. Se produce aquí una curiosa sorpresa: este estilo plateresco, procedente del arte de la platería y traspasado a la arquitectura en una lectura parcial del oficio —ya que recuerda los repujados que la metalistería hace sobre superficies sensiblemente planas y continuas— puede albergar todos los elementos flamígeros o hispano-flamencos mencionados, como se ha hecho evidente. Pero también piezas más renacimiento como las hornacinas laterales de los evangelistas o la mayoría de las peanas. Tal método nos da las trazas del posicionamiento con independencia del discurso o de los estilos. Y si hay narrativa iconográfica basta leer la parte central plateresca con la codificación de lectura del libro: de arriba abajo y de izquierda a derecha. Así, una fachada plateresca es un conjunto de figuras (narración) y fondos (repujado) cuyas trazas de disposición pueden dar las las reglas de juego del renacimiento

14. Demostrar que en el mismo se halla la divina proporción es cosa bastante fácil, que se deja para el estudio general de la composición en posteriores trabajos.
15. Es habitual, desde el románico, encontrar composiciones alegóricas en base al número de estrellas, la disposición de las mismas, etc.
16. En efecto: la proporción sexquiáltera y el arco de medio punto van a sumarse a las proporciones uno a uno y dupla. En San Pablo la novedad será la contundencia y evidencia con que aparece, referida a dos a tres de las impostas que encierran las escenas del Nuevo Testamento y, también, aunque con menor intensidad, a la banda de la coronación de la virgen con el niño, donde está mitigada por la profusión de columnillas de enmarque.
17. El Espíritu Santo está representado en forma de paloma y, aunque deteriorado, se reconoce bien desde el andamio actual.
18. Parece indiscutible que, aunque de ello resulte una inversión sobre la colocación canónica de estos santos, San Pablo, más terrenal y pragmático, esté del lado de Fray Alonso de Burgos y San Pedro, pieza clave en el elemento puerta o transición —las llaves— del lado del Precursor, antecedente y umbral.
19. Se ha medido aislando los sillares que pertenecen a la misma unidad constructiva, como es el caso de toda la heráldica.
20. Al desmontar algunas de las cresterías más antiguas, muy deterioradas y malamente remendadas se ha descubierto en ellas una base a modo de patín curvo, que asigna dos remates cóncavos a la parte de frontón que se sitúa sobre la calle central.
21. Una de las esculturas de la coronación de las agujas mide 1,30 metros, excepción que hace paralelo con la jerarquía de los escudos de las dos últimas bandas, donde también resulta más grande el de los Reyes Católicos.
22. Nos referimos al nivel cinco del andamio de obra que corresponde a la transición entre las bandas del segundo y tercer estrato iconográfico.
    La plataforma de andamio del nivel cinco corresponde a la altura $1,40 + (4 \times 2) = 9,40$ metros. Si nos preguntamos qué significa esta altura para los estratos iconográficos, será preciso medir los mismos.
23. Este sentido de la representación procesional de la fachada de san pablo se ha desarrollado en la comunicación presentada en ARPA, actualmente en prensa. Su título: La fachada de la Iglesia de San Pablo en Valladolid.
24. Este ha sido el ideal abstracto de la enseñanza de la arquitectura (por encima de los estilos formales) que, explicitado por Palladio y reforzado por Durand, se ha plasmado en los programas de final del siglo XIX y del XX, llegando hasta nuestros días.

Lista de referencias

Agapito y Revilla, J. 1911–1912. «La iglesia del convento de San Pablo y el colegio de San Gregorio de Valladolid». *Boletín de la Sociedad Castellana de Excursiones*, nº 105: 193.

Agapito y Revilla, J. 1911. «La iglesia del convento de San Pablo». *Boletín de la Sociedad Castellana de Excursiones*, nº 106: 207–217.

Ara Gil, C. J. 1995. «La iglesia de San Pablo de Valladolid. Aportaciones a un debate». *Homenaje al profesor Martín González*. Valladolid: 113–120.

Arribas, F. 1933–1934. «Simón de Colonia en Valladolid», *B. S. A. A.*: 153–166.

Linazasoro, J. I. 1986. «La herencia del Escorial y Francisco de Mora». *Herrera y el Clasicismo*. Valladolid: 140–151.

Martín González, J. J. 1963. «Los profetas de la fachada de San Pablo de Valladolid». *B.S.A.A.*, t. XXIX: 263–265.

Martín González, J. J., y de la Plaza Santiago, F. J. 1987. *Monumentos religiosos de la ciudad de Valladolid (conventos y seminarios)*, t. XIV, parte II, Valladolid.

Palomares Ibáñez, J. Mª. 1970. *El Patronato del duque de Lerma sobre el convento de San Pablo de Valladolid*. Valladolid.

Palomares Ibáñez, J. Mª. 1973. «Aspectos de la historia del convento de San Pablo de Valladolid». *AFP*, nº XLIII: 91–135.

Pérez Gil, J. 2002. *El Palacio de la Ribera. Recreo y boato en el Valladolid cortesano*. Valladolid.

Pérez Gil, J. 2004. *El Palacio Real de Valladolid: sede de la corte de Felipe III, 1601–1606* (tesis doctoral inédita), Universidad de Valladolid.

Pérez Gil, J. 2008. *Un gentil pedazo de villa: la corredera de San Pablo en Valladolid en el siglo XVI*. Valladolid.

Pérez Gil, J. 2004. «El palacio de los Condes de Fuensaldaña en Valladolid, cuarto de los alcaides Duques de Lerma». *De Arte*, nº 3: 85–104.

Pérez Gil, J. 2008. *Palacio Real de Valladolid. Bien de interés cultural*. Ministerio de Defensa.

Rivera Blanco, J. 1981. *El Palacio Real de Valladolid*. Valladolid.

Rivera Blanco, J. 2001. *Palacio Real de Valladolid, Plan director Diputación Provincial de* Valladolid. Colaboraciones de: Altes Bustelo, J., Pérez Gil, J.

Rivera Blanco, J., Director y autor de la memoria relativa al proyecto de restauración de la fachada de San Pablo de Valladolid: *La fachada de la Iglesia y el convento de San Pablo de Valladolid*. Colaboraciones de: Palomares Ibáñez, J. M., Pérez Gil, J., Andrés Ordax, S.

Urrea Fernández, J. 2003. *La Plaza de San Pablo. Escenario de la Corte*, Valladolid.

La problemática de la construcción y conservación de los embarcaderos de madera en el siglo XIX

Concepción González García de Velasco
Miguel González Vílchez

Los primeros embarcaderos de madera en Gran Bretaña

El arte de la construcción de puentes, diques y muelles de embarque era conocido desde la antigüedad y la imaginación del hombre había desarrollado numerosas máquinas e ingenios que solventaban la mayor parte de los problemas constructivos que se presentaban. El propio Leonardo da Vinci, y otros sabios del Renacimiento, inventaron numerosas máquinas y artificios aplicables al arte de construir, algunos de los cuales a su vez perfeccionaban a otros anteriores, generalmente de origen romano.

En los primeros tiempos de la construcción de muelles embarcaderos británicos, en los inicios del siglo XIX, la madera seguía siendo en exclusiva el material usado. Se trataba de un material resistente, relativamente abundante y manejable con herramientas y técnicas muy desarrolladas. La madera de roble, abeto, pino y haya existía en Gran Bretaña en abundancia, y su costo era más barato que la fundición y el hierro de aquellos primeros tiempos. El menor peso de la madera la hacía más manejable, y desde finales del XVIII ya existían poderosas máquinas de vapor que sustituían con gran ventaja a los antiguos martinetes, izados a mano, para clavar pilotes de madera en el terreno.

Por todo ello, los primeros muelles embarcaderos se ejecutaron en madera en su totalidad, cimentación estructura y cubierta, y algunos resistieron muchos años en pie hasta que sucumbieron y desaparecieron, o fueron sustituidos por otros de hierro. Se puede considerar, con alguna excepción, que todos los muelles británicos anteriores a 1850 se construyeron en madera y que, poco a poco y a partir de esa fecha, los embarcaderos de fundición y hierro forjado fueron introduciéndose como la solución definitiva.[1] No obstante, en los años 70 y 80 del siglo XIX, todavía se construían algunos embarcaderos británicos de madera, como el levantado en Bilbao por la compañía Bilbao Ore Company, al que nos referiremos más adelante.

La problemática de la durabilidad de la madera en los embarcaderos

Los problemas de durabilidad de la madera en los embarcaderos eran principalmente los siguientes:

a) El fuego
   Era un peligroso enemigo de las estructuras de madera. Para defenderse de él si se originaba, se hacía necesario dotar al embarcadero de un sistema de tuberías de agua, con impulsión por máquinas a vapor, capaces de sofocar un incendio en caso necesario. Las construcciones que se erigían sobre los muelles, en buena parte de madera, eran con frecuencia pasto de las llamas, arruinando de paso la estructura del muelle. La mayoría de los embarcaderos británicos ha sufrido a lo largo de su vida algún grave in-

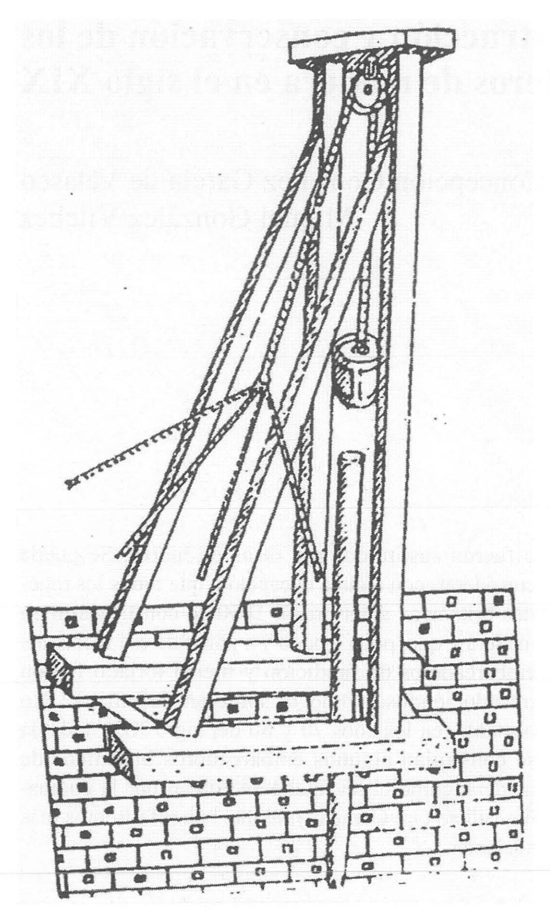


Figura 1
Máquina de hincado manual de pilotes. Abad et al. *Historia de las Técnicas Constructivas en España*. Madrid

cendio que le ha producido daños importantes, habiendo algunos de ellos desaparecido por causa del fuego.

A finales del siglo XIX y principios del XX se llegó a ensayar con diferentes productos que protegieran a la madera del fuego, llegándose a descubrir algunos tratamientos a base de sulfatos magnésico y amónico que, bajo la influencia del calor, se descomponían produciendo ácido sulfúrico y amoniaco, gases que dificultaban la combustión, en tanto que las sales restantes se fundían, formando una capa exterior a la madera que la protegía del fuego, con resultados aceptables.

b) El deterioro por hongos

Se producía principalmente en las zonas afectadas por la marea, que se secaban y mojaban alternativamente. Los hongos se instalaban en la madera y provocaban su pudrición en un tiempo no excesivamente largo.

Para evitar ésto en lo posible, se utilizaban maderas creosotadas, que sustituyeron con ventaja a las tratadas con sales de cobre y arsénico, productos que ofrecían una gran resistencia a la instalación de hongos, pero que con el tiempo se diluían en al agua, tanto más cuanto menor hubiera sido la penetración del tratamiento tóxico. El sistema de impregnación por creosota, o aceite de alquitrán obtenido en la destilación de la hulla para la obtención del carbón de coque, se reveló como un magnífico procedimiento que defendía la madera de la putrefacción, al impedir que los agentes bióticos anidaran en ella aún cuando, en maderas sumergidas, era inevitable la disolución lenta del aceite y la pérdida progresiva de la protección.

Es de señalar que las maderas tropicales de alta densidad, por una parte muy resistentes por su dureza y composición a los ataques de los hongos, son poco absorbentes de los productos de impregnación de las maderas. Así, en los trabajos de rehabilitación del muelle de Riotinto finalizados en 2006, en los que se ha utilizado madera de elondo para la reposición de las estructuras superiores de sustentación de los tableros horizontales y las cubiertas del muelle, se han realizado pruebas de absorción a esta madera con resultados negativos, no obstante lo cual, se ha utilizado la madera de elondo al natural.

c) El ataque de invertebrados

Esto implicaba el mayor problema para los muelles embarcaderos de madera, ya que era muy frecuente el ataque a las maderas sumergidas por moluscos como la *teredo navalis* o por crustáceos como la *limnoria terebrans*[2] llevando consigo el colapso del muelle en poco tiempo, dada la frenética actividad de estos animales. Por su especial gravedad vamos a tratar esta problemática con mayor extensión.

Los daños provocados a las maderas por la acción de la *Teredo Navalis* y la *Limnoria Terebrans*

En pocos años las maderas sumergidas en el mar podían arruinarse por el ataque de estos animales. En concreto, la *teredo navalis* llegaba a horadar cavernas de más de un centímetro de diámetro y de más de un metro de profundidad, que acababan colapsando la estructura, El ataque de la *teredo* pasaba generalmente inadvertido ya que este gusano (en realidad un lamelibranquio bivalvo que crece en el interior de las galerías adquiriendo en el estado adulto el aspecto de un largo gusano) excava sus túneles por el interior del pilote, apreciándose al exterior solamente dos agujeros, por uno de los cuales respira y por el otro expele sus desechos por lo que, en muchos casos, la destrucción de los pilotes permanecía oculta, llegándose a producir la ruina de la estructura de manera súbita e irreparable. Por el contrario, la *limnoria terebrans*, asociada en millares de individuos, aserraba el pilote de fuera a dentro hasta seccionarlo totalmente, pudiendo apreciarse a simple vista la devastación progresiva que estos animales producían en las estructuras sumergidas.

La protección contra estos ataques era muy difícil, llegándose en algunos casos a luchar contra ellos colocando bajo el embarcadero montones de mineral con contenido en sulfuros (pirita y otros) que, al disolverse parcialmente, provocaban una contaminación del agua, lo que evitaba, o al menos paliaba, la instalación de los invertebrados. Es curioso que los ingenieros británicos que proyectaron el muelle de Riotinto, constataron que las maderas del muelle de Tharsis, que tenía ya ocho años de antigüedad, no habían sido atacadas por gusanos,[3] sin duda por la acidez de las aguas sulfurosas de la ría de Huelva, lo que les decidió a sumergir plataformas de madera en la ría, para colaborar en la cimentación del muelle de Riotinto. En cambio, en el muelle de Bilbao el ataque de *teredos* era esperado al poco tiempo de su construcción,[4] y también en la estructura auxiliar de madera construida para erigir el embarcadero de Alquife, en Almería, el ataque de *teredos* fue inmediato y muy destructivo.[5]

La madera europea más resistente era, sin duda, el roble, mientras que algunas maderas tropicales de gran dureza y densidad eran también especialmente resistentes a la *teredo*, como las del laurel tropical y el magnolio, llamadas por aquella época en España «grinja» (greenheart), así como el ébano y la caoba, todas ellas poco atacables por estos invertebrados. En Australia el empleo del eucalipto, especie autóctona en aquel continente, demostró también gran resistencia al ataque de los citados invertebrados.

Los daños producidos por la *Teredo Navalis* en el muelle de Southend

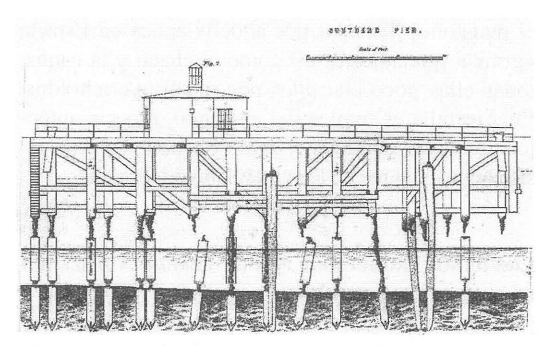
En un interesante trabajo presentado por el ingeniero J. Paton a la Institution of Civil Engineers londinense en 1849, acerca de la reparación del muelle de Southend,[6] se estudia el ataque masivo que la *teredo* había llevado a cabo en la cimentación de los pilotes de abeto del extremo de este embarcadero. Los pilotes de madera se habían recubierto de brea y protegido por fundas cilíndricas de láminas de cobre clavadas al pilote, y que formaban a su vez tubos yuxtapuestos en todo el tramo sumergido. Los pilotes estaban hincados 3 metros en la arena del fondo y tenían 14" de diámetro (unos 35 centímetros) y los tubos de cobre que enfundaban los pilotes se empotraban cerca de un metro en la arena.

No obstante la aparente fortaleza de la estructura, la *teredo* lo destruyó todo en diez años, arruinando el embarcadero. El oleaje del mar había retirado arena del fondo, y la teredo había accedido desde abajo a la madera, en la zona no protegida por las láminas de cobre. Por otra parte, el cobre se había corroído a gran velocidad y en algunos casos había adelgazado tanto que se había desprendido. En 1844 se hizo una reconstrucción a fondo del arruinado muelle incorporando pilotes de fundición en su tramo inferior y columnas de roble y abeto en el superior.[7]

Son significativos los planos de alzado del muelle levantados por J. Paton, en los que se aprecia el estado de ruina absoluta a que habían llegado los pilotes de madera de este embarcadero en menos de diez años de vida.

También se detiene el autor en este interesante trabajo a analizar y dibujar en detalle la anatomía y los aparatos masticadores de ambos invertebrados, explicando el sistema de ataque a la madera por parte de cada uno de ellos.

Es de señalar la referencia que el autor hace sobre la discusión que siguió en la I.C.E. a la presentación de su trabajo, y en la que diversos ingenieros presti-



Figuras 2 a y 2 b
Daños causados por teredos en el muelle de Southend. Paton, J

giosos hicieron observaciones sobre el problema y sobre sus posibles soluciones, que se recogen con toda precisión en el citado documento.[8] De lo reflejado acerca de la discusión, que reflejaba la experiencia de los ingenieros de la institución al respecto, extractamos lo siguiente:

1) La madera embreada no era efectiva. Las algas se fijaban a ella y descomponían la brea en poco tiempo, tras lo cual atacaban los invertebrados.
2) La protección conocida entonces como solución Payne (formada por brea, cloruro de zinc, arsénico, mercurio y sulfato de hierro), se mostraba ineficaz ante la *teredo*. Tampoco funcionaban otras soluciones similares conocidas como Burnett y Margay.
3) Las placas de cobre se habían mostrado poco efectivas; no resistían mucho tiempo la corrosión del agua del mar y por sus fisuras entraban las *limnorias* y *teredos*.
4) Se constataba el buen resultado que en Australia daba el eucalipto, así como la madera tropical dura, pero resultaban muy caras en Inglaterra. También parecía comportarse bien el olmo americano. La mejor madera del Reino Unido era la de roble, aunque terminaba atacada a largo plazo.
5) Al parecer la única solución efectiva era el tratamiento con creosota (aceite de destilación de hulla) que era venenosa para ambos invertebrados. Se constataban los buenos resultados en los muelles de Mill Bay, Teignmouth y Lowesoft, que permanecían indemnes tras varios años desde su construcción. Era conveniente mantener las maderas sumergidas al menos 12 horas en tanques de creosota, para que ésta penetrara lo más posible en la madera. Eran preferibles maderas con la albura al exterior, ya que la creosota circulaba por los vasos más jóvenes e impregnaba en profundidad la pieza. La madera debía absorber unos 100 litros de creosota por metro cúbico de madera para considerarla debidamente tratada.

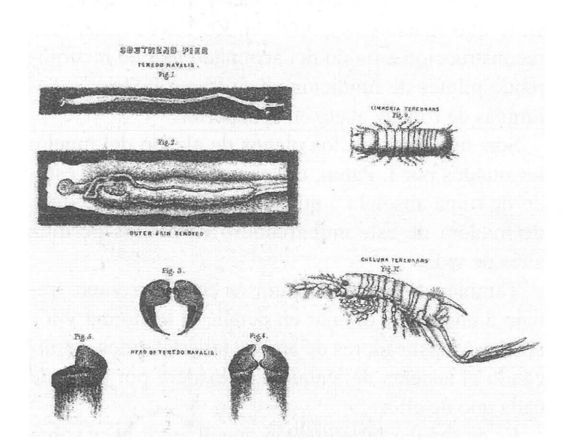


Figura 3
Dibujos de teredos navalis y limnorias terebrans. Paton, J.

En 1899 todavía se seguían utilizando estructuras de madera en el Reino Unido y en las colonias. En

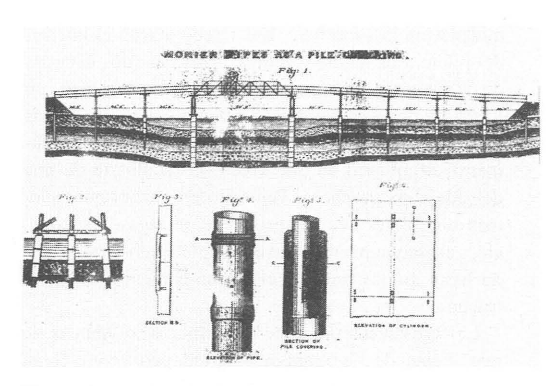


Figura 4
Empleo de Tubos Monier como recubrimiento de pilotes de madera. Mc. Cartney, E.

un trabajo presentado ante la I.C.E. ese año, relativo a protección de pilotes de madera sumergidos en agua del mar,[9] su autor, el ingeniero E. Mc. Cartney, explica que el sistema empleado por él en el puente sobre el Coal Creek, en Sidney, consiste en construir para los pilotes de madera unas fundas de tubos de hormigón Monier (una patente de tuberías de hormigón armado existente ya en aquella época, que constituía uno de los primeros ejemplos de empleo del hormigón armado), que evitarían el ataque por *teredos* y *limnorias*. Su precio un era un 50% superior al del enfundado por tuberías de cobre pero se esperaba un resultado definitivo.

Referencias de los ingenieros españoles a los ataques de la *Teredo Navalis*

También en España hemos encontrado trabajos publicados por ingenieros españoles en los que se trata el problema de la conservación de la madera en obras marítimas. Es muy significativo el trabajo que el ingeniero Pedro Pérez de la Sala, en 1871, publicó sobre las construcciones en el mar,[10] en el que estudia los sistemas de construcciones marinas en madera y sus problemas, haciendo especial hincapié en los peligros de los ataques de los invertebrados marinos, y en especial de la *teredo navalis*.

En la Revista de Obras Públicas de 1927 hemos localizado también un trabajo del ingeniero José Mª Cano Rodríguez,[11] en el que resume a su vez un trabajo publicado en 1921 en la revista Ingeniären, de Dinamarca, por M. Dano, aportando asimismo algunas imágenes sobre los daños que la *teredo* causaba en pilotes de madera, de las que reproducimos una de ellas

Refiere el autor cómo las larvas de estos moluscos, en su primer estado de desarrollo, se encuentran en el agua y se adhieren a las maderas con los tentáculos que poseen, excavando en ellas una oquedad por la que se introducen. Y como, en su estado posterior, se transforman en moluscos bivalvos, provistos de una uña en la parte anterior de la boca por la que excavan en el interior del pilote, ejecutando galerías que recubren de una secreción de carbonato cálcico.

Refiere también Cano cómo en este trabajo se establecía que las *teredos* atacan más cuanto mayor es



Figura 5
Interior de pilote carcomido por teredos. Cano, J. M.

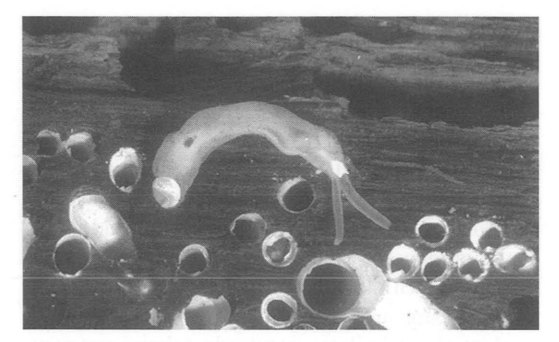


Figura 6
Pilote horadado por galerías de teredos e imagen de uno de ellos. Hecker F.-Turner, F. D. Australian Natural History

la salinidad del agua y más alta su temperatura, de modo que en los fiordos noruegos (en los que el agua dulce hace bajar la salinidad) prácticamente no existen, ni tampoco en las zonas más nórdicas de la costa noruega, debido a la frialdad de las aguas. También comenta cómo en aguas turbias por suspensiones de lodos o fangos, la teredo languidece, llegando a desaparecer.

Asimismo, quedó establecido en este estudio que la colocación de clavos de hierro yuxtapuestos formando una coraza en la superficie del pilote, frenaba el ataque de las *teredos*, aún cuando dejasen espacios entre un clavo y otro, ya que el óxido de hierro que se formaba repelía a estos animales, no así a las limnorias, a las que esto no parecía afectarles. Con respecto a las clases de maderas y a su resistencia al ataque de los teredos, establece unas consideraciones que transcribimos por su interés.[12]

A título meramente ilustrativo, aportamos una fotografía de Hecker, en la que se observa un pilote horadado por múltiples galerías de teredos recubiertas de nácar, y un ejemplar en primer plano.

NOTAS

1. Adamson, Simon H. 1977. *Seaside Piers*. 65. Londres.
2. Jiménez Salas J. A. et al. 1981. *Geotecnia y Cimientos*. 887. Madrid.

   «Los animales perforadores suelen ser los moluscos del género "teredo" y los crustáceos "limnoria". Estos dos atacan al pilote en las partes situadas fuera del terreno, pero sumergidas en agua marina, en las proximidades de la superficie. Los teredo atacan el interior del pilote. Sus larvas son muy pequeñas (dos décimas de milímetro) y se introducen en él, creciendo luego en forma de una especie de gusano que llega a tener más de un metro de largo y un par de centímetros de diámetro. El agujero en que vive está recubierto de una delgada capa de nácar. Teniendo en cuenta que, además los pilotes suelen recubrirse de algas, suciedad, etc.., el ataque puede quedar completamente inadvertido hasta que se produce el derrumbamiento de la estructura.

   Los crustáceos del género "limnoria" o "pulgas de mar" tienen de 3 a 6 mm de longitud, pero se presentan en grandes masas (hasta 50 por centímetro cuadrado) y comen el pilote segándolo poco a poco por encima de la línea de agua.

   Unos y otros son sensibles a la contaminación industrial, que llega a matarlos. No atacan a las maderas tropicales más duras como el laurel tropical o grinja (greenheart) y la teca, pero éstas han sido extinguidas en las áreas de fácil explotación y hoy tienen precios prohibitivos».
3. Gibson, T. 1878. «The Huelva Pier of the Riotinto railway», vol LIII, 36. Institution of Civil Engineers. *Minutes of Proceedings*. Londres.

   «Existía el inconveniente de que la madera fuese atacada por invertebrados, como el teredo navalis pero... los autores, en respuesta, dijeron que el muelle de Tharsis llevaba construido varios años. No había el menor indicio de presencia de ningún gusano en la madera, aunque ésta había permanecido en el barro desde que los trabajos se iniciaron.»
4. Barron, F. C. 1877. «The Works of the Bilbao Iron Ore Company», vol. LI, 243. Institution of Civil Engineers. *Minutes of Proceedings*. Londres.

   «El muelle es de madera y se ha ejecutado mediante contrato con Mr. Peter Shade, pero dado que las estructuras de madera en el río Nervión sufren mucho a causa de los gusanos de mar, se va a intentar construir un muro de hormigón a lo largo de la fachada del muelle, convirtiéndolo en un muelle permanente, y llenándolo en su interior con arena sacada del dragado de la ría.»
5. Harrison, J. E. 1905. «Storage and shipment of iron ore, at Almería», vol. CLXIII, 302. Institution of Civil Engineers. *Minutes of Proceedings*. Londres.

   «La intención original fue construir el muelle enteramente de madera, buscando un menor coste, pero este diseño fue abandonado por inadecuado, teniendo en cuenta los efectos del Teredo y el riesgo de daños de la superestructura por fuego. Aunque las informaciones sobre la durabilidad de la madera en el Mediterráneo eran escasas y en algunos casos contradictorias, la decisión de desistir de ello estuvo justificada a la

vista del efecto del gusano sobre los pilotes de la construcción provisional de madera usada como andamiaje para la construcción definitiva. Los pilotes se construyeron de pino tea, de sección 12'' × 12'', sin tratamiento de protección, y se clavaron a profundidades del orden de 27'. A los doce meses de su erección, y tras cumplir su objetivo, la estructura fue desmontada, comprobándose que los pilotes estaban dañados en la cota más cercana al fondo. Seccionados los pilotes, se comprobó que los gusanos habían entrado a los pilotes por las caras transversales a su laminación y que los agujeros variaban desde 1/16'' y 1/32'' de diámetro. Después de entrar, los gusanos parecían haber incrementado rápidamente en tamaño y sus túneles seguían un curso a lo largo del alma del pilote, en túneles irregulares, cruzados unos con otros, llegando hasta hacer taladros de 3/8'' de diámetro, dejando en algunos casos solamente la madera de la superficie, aparentando desde el exterior no estar dañados los pilotes. Es imposible juzgar a qué distancia de la playa son más activos los gusanos ya que los pilote cercanos a la playa eran los más afectados, pero también eran los que antes se clavaron».

6. Paton, J. 1849. «Description of the pier head of the old pier of Southend, and of the recent extension of the structure; with an inquiry into the nature and ravages of the Teredo Navalis, and the means hitherto for preventing its attacks», vol. IX, 23. Institution of Civil Engineers. *Minutes of Proceedings*, Londres.

«En el abeto, más blando y poroso el ataque es muy rápido. En el roble es más lento, mientras que el cedro resiste bastante... El eucalipto de Australia es bastante resistente... Los líquidos de protección inventados por Payne no son activos contra la teredo porque se disuelven pronto en el mar, y la teredo parece resistir el veneno sin problema... Las algas se adhieren fácilmente a la madera embreada, descomponen la brea y abren el camino a los devoradores de madera... La solución parecía ser la cubrición de chapas de cobre o de hierro, pero la limnoria encontraba caminos para entrar, y las chapas se corroían con rapidez, desprendiéndose en hojas a los pocos años...»

7. Paton, J. 1849 (op. cit.). 43–45.
8. Paton, J. 1849 (op. cit.). 46–49.
9. Mc. Cartney, E. 1899. «Use of the Monier pipes as a pile covering, and in place of cast iron for cylinder foundations», vol. CILII: 289. Institution of Civil Engineers. *Minutes of Proceedings*, Londres.

«Las envolventes de chapa empleadas para pilotes de madera tienen problemas tales como que se pueden dañar al clavar el pilote si se empotran en el fondo, que se corroen fácilmente y que se afectan por erosión de piedras y arena, así como por el golpeo de objetos flotantes... Podrían ser efectivos los tubos de loza o gres, sellando sus juntas con mortero de cemento, pero se romperían por su reconocida fragilidad a los golpes a al movimiento brusco.

Los tubos Monier, de hormigón armado con mallas de acero en su interior, son muy resistentes tanto a los impactos y colisiones como a la acción del agua del mar. Sus juntas están bien estudiadas, producen continuidad y pueden ser presionadas para clavarse en el fondo sin fracturarse... Se han hecho pruebas de mantener durante un año y medio un tubo Monier lleno de agua salada y ha permanecido estanco sin apreciarse manchas por corrosión del acero... Aun cuando el agua mojara sus armaduras interiores no habría renovación de agua con el suficiente oxígeno como para originar oxidación.

En el puente de Coal Creek, cerca de su desembocadura en Sidney, se empleó este sistema con éxito. Los pilotes de madera se hundieron 5 metros en los lodos y arena hasta alcanzar las arcillas, para asegurar su empotramiento. Una vez clavado cada pilote, y por medio de una plataforma auxiliar, se colaban desde arriba los tubos de hormigón calafateados, presionando finalmente la envolvente de tubos con gatos hidráulicos hasta que éstos llegaban al fondo, a una profundidad de unos 3 metros, en que se encontraban las arcillas. Para ayudar a esta labor, se bombeaba agua a presión por medio de mangueras que manejaban buzos, hasta el pie de la tubería, cubriendo después los buzos con arena la zona afectada.

Los pilotes de madera eran cilíndricos y se les clavaron unos listones verticales en sus cuatro caras para que los tubos no se movieran lateralmente al clavarlos. Las juntas se iban sellando, antes de hundir el tubo, con un redondo de acero y mortero de cemento y betún. El diámetro de los tubos era de 52 centímetros y su espesor de 5. Los espacios libres entre el pilote de madera y la funda de hormigón se rellenaban desde arriba con arena seca, sellándose después con mortero los 30 centímetros del extremo superior del tubo.»

10. Pérez de la Sala, P. 1871. *Tratado de las construcciones en el mar*. Madrid.
11. Cano Rodríguez, J. M. 1927. «Estudio sobre los teredos y los medios de evitar su ataque». *Revista de Obras Públicas*. Madrid.
12. Cano Rodríguez, J. M. 1927 (op. cit).

«En general las maderas blandas son más atacadas que las duras, siendo el roble y el pino resinoso más resistentes que el pino negro y el abeto... Entre las maderas exóticas el árbol de la goma (caucho), el greenheart (magnolio) y el yarrah (eucalipto) tienen una resistencia comparable a la del roble... Por todos los datos ad-

quiridos el informe da la siguiente escala de resistencia, comenzando por los menos atacables:

Árbol de la goma y Yarrah.
Roble y Greenheart.
Álamo blanco, Aliso, Abedul y Fresno.
Pitch pine (pino Tea).
Pino resinoso.
Abeto.»

Lista de referencias

Adamson, Simon H. 1977. *Seaside Piers*. Londres.

Barron, Frederick C. 1877. «The Works of the Bilbao Iron Ore Company. Institution of Civil Engineers». *Minutes of Proceedings*. Vol. LI. Londres

Cano Rodriguez, J. M. 1927. «Estudio sobre los teredos y los medios de evitar su ataque». *Revista de Obras Públicas*. Madrid.

Gibson, Thomas. 1878. «The Huelva Pier of the Riotinto railway. Institution of Civil Engineers». *Minutes of Proceedings*. Vol. LIII. Londres.

Harrison, John E. 1905. «Storage and shipment of iron ore, at Almería. Institution of Civil Engineers». *Minutes of Proceedings*. Vol. CLXIII. Londres.

Jimenez Salas y Justo Alpañés, J. L. 1981. *Geotecnia y Cimientos*. Madrid.

Mc. Cartney Ernest. 1905. «Use of the Monier pipes as a pile covering, and in place of cast iron for cylinder foundations. Institution of Civil Engineers». *Minutes of Proceedings*. Vol. CXLII. Londres.

Paton, J. 1849. «Description of the pier head of the old pier of Southend, and of the recent extension of the structure; with an inquiry into the nature and ravages of the Teredo Navalis, and the means hitherto for preventing its attacks. Institution of Civil Engineers». *Minutes of Proceedings*. Vol. IX. Londres.

Pérez de la Sala, Pedro. 1871. *Tratado de las construcciones en el mar*. Madrid.

Improntas y oquedades en fábricas históricas de tapial. Indicios constructivos

Amparo Graciani García

porque la ausencia vista, no es vacío;
sigue siendo presencia invisible

En el marco del Proyecto de Investigación BIA 1092–2004 (2004–2008), que lleva por título Propuestas de Mantenimiento, Evaluación y Restauración de Edificios e Infraestructuras Urbanas en fábricas de tapial en la Provincia de Sevilla, financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología (Graciani 2005),[1] hemos establecido unas pautas metodológicas para la interpretación y adscripción temporal de fábricas históricas de tapial en la construcción sevillana centradas en el estudio de tres parámetros: el proceso de ejecución, la caracterización material de la fábrica[2] y su módulo y dimensionado.

En publicaciones previas, hemos expuesto algunos resultados, abordado detalladamente cuestiones metodológicas tanto de índole genérica (Graciani y Tabales 2003; Graciani 2009a) como específica (Graciani y Tabales 2008), aplicando una correcta terminología constructiva adecuada a la tradición historiográfica (Graciani 2009b).

En esta ocasión, nos centraremos en el primero de los tres parámetros referidos, al objeto de ofrecer una propuesta de análisis que —a modo de guía de interpretación cronológico-constructiva— ayude a los aquellos profesionales que se enfrenten a una inspección visual[3] de una fábrica de tapial, con independencia de ámbito temporal y espacial al que ésta se adscriba. Con relación a este parámetro, ya hemos puntualizado la conveniencia de analizar cinco cuestiones que, sin duda, se convertirán en elocuentes indicios de cómo se ha desarrollado el proceso de ejecución, cuál es la posible adscripción temporal de la fábrica y sobre la calidad de su construcción. En concreto, las cinco cuestiones son las siguientes: 1. El tipo estructural; 2. Las agujas o mechinales; 3. Los contactos (entre cajones e hilos); 4. Las improntas en la argamasa y, 5. En su caso, los elementos de fábricas asociadas.

Habiendo ya publicado nuestra propuesta de cronotipología estructural (Graciani y Tabales 2008), en estas páginas ahondaremos en las restantes cuestiones que, en forma de ausencias —oquedades o improntas— o bien con su presencia— nos aportarán indicios de cómo se ha ejecutado la fábrica y nos permitirán datarla e interpretar los recursos y los medios materiales, humanos y económicos de los que disponían sus constructores; como parte de los estudios previos a procesos de intervención, reivindicamos el estudio de la información constructiva que nos transmiten tales ausencias y las presencias ya que, con estas intervenciones pueden llegar a desaparecer y con ello un información de gran interés.

Observar y analizar presencias es relativamente fácil; los únicos elementos de los encofrados que perduran suelen ser, cuanto más, las agujas (tradicionalmente de madera) que, de no haberse podrido y de no haber sido extraídas durante el desencofrado, permanecerían embutidas en la fábrica con su testa enrasada al haz de paramento. A veces, cuando las fábricas aparecen seccionadas a consecuencia de considerables desprendimientos de argamasa, se aprecian tam-

bién algunas de las piezas de sujeción o ajuste de los tapiales empleadas para evitar cualquier desplazamiento de los tableros, los costales o las agujas (cuerdas, clavos y vástagos) (Martín 2002, 187; Martín 2005, 744; Gurriarán y Sáez 2002, 572–573), piezas que, de no haberse producido tales desprendimientos, quedarían también embutidas en la fábrica pasando desapercibidas (figura 2).

Observar y analizar ausencias es algo más complicado: exige del conocimiento de la técnica y de la imaginación suficiente para suponer las variaciones con las que los tapiadores pretendían adecuar los fundamentos de la tapiería a sus necesidades y a los medios de que disponían.

Así, una correcta inspección de una fábrica de tapial debe estar abierta a interpretar la finalidad y el origen de las distintas oquedades que ésta presente. En primer lugar, han considerarse las oquedades más comunes (que son los mechinales en los que se alojan las agujas del tapial que arriostran los tableros); salvo en casos de extracción, los mechinales suelen generarse a consecuencia de la pudrición de la madera, especialmente en exteriores por efecto de la lluvia y del anidamiento y la deposición animal. En segundo término, han considerarse las oquedades que pudieran aparecer en el haz de paramento, a uno o a ambos lados del mechinal, al pudrirse las cuerdas de atado de los aros o cárceles del encofrado. En cualquier caso, habría que considerar en qué medida el contorno y las características previas de las oquedades resultantes se han visto alterados con el paso del tiempo a consecuencia de la vulnerabilidad de la argamasa, las condiciones ambientales (acumulación de material vegetal, arena y polvo) o la acción animal.

Así mismo, deben valorarse las huellas o improntas de los elementos encofrado que, circunstancialmente se detecten: en el haz de paramento, de las tablas de los tableros, *tapialeras* o puertas de tapiar), de los *barzones* (*barrotes* o *costillas*), en que se clavan los tableros y en interiores seccionados, las improntas de los clavos de ajuste de las agujas y de las cuerdas de atado de los aros.

Como se ha indicado, mayoritariamente, las oquedades que presenta una fábrica de tapial son los mechinales resultantes de la desaparición de las agujas. Con independencia de la posible presencia de agujas o de restos de ellas, ¿qué observar en ellos? Estimamos que, aunque con distinto interés, deben ser siete las cuestiones a considerar: 1) La profundidad del mechinal; 2) La presencia, en su caso, de elementos asociados a las agujas; 3) La sección de la oquedad; 4) El número de mechinales por cajón; 5) La separación entre agujas; 6) La posición con relación al contacto entre hilos; 7) La posición con relación a la junta vertical de encuentro de cajones.

La profundidad del mechinal

La simple penetración de un cuerpo extraño en el mechinal para comprobar si su profundidad coincide con el espesor de la fábrica permitirá constatar la tipología de la aguja según su longitud; es decir, si se utilizó una aguja pasante, que, de haz a haz, atravesara el espesor del paramento a fin de arriostrar los tableros, o bien una media aguja que, emplazada hacia cada uno de sus haces, quedaría embutida en la argamasa. De haber sido ejecutada la fábrica con medias agujas y de conservarse su haz original, esta simple operación nos indicará la longitud de la media aguja, generalmente en torno a 45 cm. En realidad, el espesor de la fábrica y su cronología, así como la tipología de la construcción, podrían indicar si las agujas serían pasantes o medias, pues en muros domésticos, de espesor reducido, se utilizaban pasantes, mientras que las medias

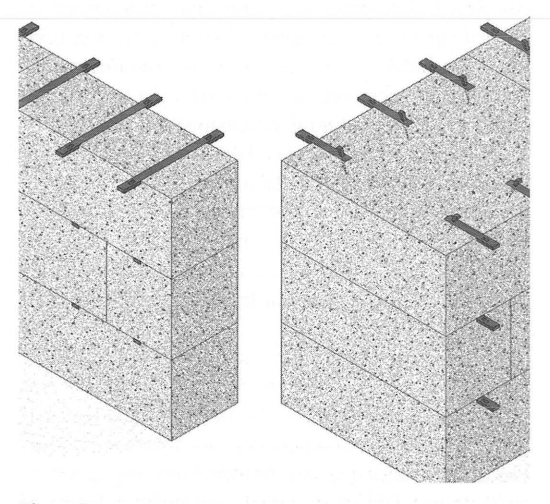


Figura 1
Fábrica doméstica en tapial, con agujas pasantes y fábrica defensiva en tapial, de mayor espesor, con medias agujas (dib. de L. A. Núñez Arce)

aparecían en muros de mayor espesor correspondientes a construcciones militares almohades y nazaríes (figura 1);[4] en fortificaciones cristianas bajomedievales, las medias agujas volverán a ser sustituidas por las pasantes, en muros que, en cualquier caso, no llegarán a alcanzar el espesor de los almohades y nazaríes.

La presencia, en su caso, de elementos asociados a las agujas

Como ya se ha indicado, en ocasiones, asociados a mechinales para medias agujas, junto a éstos aparecen cuñas de madera y cuerdas. Las primeras sólo quedarán visibles cuando, por desprendimientos de la argamasa, los paramentos aparezcan seccionados y en el caso de que estos desprendimientos alcancen el plano en el que se dispusieron las agujas; por el contrario, y de haberse empleado cuerdas durante el proceso de ejecución (figura 2.b), en haces de paramento que ofrezcan un buen estado de conservación podrían observarse restos de cabos o bien las oquedades resultantes de su pudrición.

La existencia de clavos, anclando las agujas a la cara de tabla del cajón del hilo inferior al objeto de evitar su levantamiento a consecuencia del peso de los tableros del tapial, confirmará la utilización de agujas medias o cortas y de tabla plana; la posición del clavo en relación con la oquedad de la aguja indicará si éste se ha dispuesto atravesando las agujas (figura 2c) o bien con su muesca apoyada sobre el lado mayor de la aguja (figuras 2a y 2b).

La presencia de cuerdas sobre el mechinal, bien justo sobre él o sobre uno u ambos lados, ofrecerá información sobre cómo, antes de proceder al vertido de la argamasa, los tapiadores procuraron evitar el desplazamiento lateral del costal que, junto a la aguja, compondría el aro o cárcel del tapial; así, pondría de manifiesto que cada aro se habría atado con su opuesto, obviándose otras soluciones alternativas como el arriostramiento de los extremos de los costales de los aros enfrentados, bien con un vástago el interior del cajón (figura 2b) o bien con el clavo de la aguja opuesta (figura 2c), soluciones que ya hemos referido en alguna publicación previa (Graciani 2008a) y que no son objeto de estas páginas. En cualquier caso, la presencia de un cabo o dos será sólo circunstancial, pues dependerá del modo en que se hubiera procedido al atado de la cuerda.

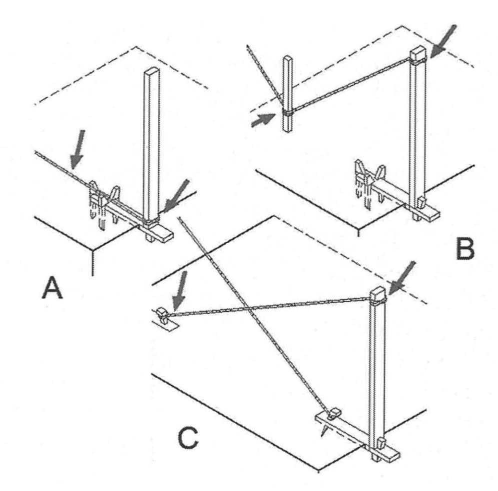


Figura 2
Soluciones alternativas para anclaje de medias agujas a la argamasa y arriostramiento de costales: a) clavos sujetando la aguja y cuerdas en la parte inferior del costal; b) clavos sujetando la aguja, con cuerdas desde la parte superior del costal a un vástago interior y cuñas en los aros; c) clavo atravesando la aguja, cuerda arriostrando la parte superior del costal con el clavo de sujeción de la aguja opuesta, y cuñas en los aros (dib. de L. A. Núñez Arce)

La sección de la oquedad

La forma de la oquedad puede indicar si se usaron agujas de rollizo (de ser la sección circular), de rollizos fajados o seccionados (de presentar sección en sector de circunferencia), agujas planas (de ser la sección rectangular), o bien agujas cuadradas: conocer la forma de las agujas puede ser interesante más allá de la mera descripción de los medios auxiliares empleados, ya que su sección determinará el cuidado en la ejecución, ligado, en consecuencia, al tiempo y los medios a disposición. No obstante, es preciso eludir cualquier planteamiento determinista respecto a la correspondencia la tipología de agujas y su adscripción temporal; tampoco hay que perder de vista que la vulnerabilidad de la argamasa puede incrementar la sección de la oquedad; por el contrario, será preciso realizar una revisión amplia de la fábrica, basada en consideraciones de índole diversa.

La solución más simple corresponde a la aguja de rollizo que, en consecuencia, por no precisar de ma-

nipulación previa, resulta la de uso más inmediato, y, por tanto, la más económica. Si bien es evidente que en un momento histórico concreto esta solución dio paso a otra más evolucionada, la aguja de tabla plana, el uso de la aguja de rollizo perduró en el tiempo, incluso combinándose con la de tabla plana;[5] precisamente, esto pudo deberse a la inmediatez y disponibilidad de las agujas de rollizo en momentos de carestía de medios o simplemente a que, a la hora de ejecutar la fábrica, un no excesivo espesor del muro permitiera construir los tapiales con aros o cárceles que no precisaran de agujas perforadas.

Fue con los almohades,[6] en la segunda mitad del siglo XII, cuando se produjo la sustitución de las agujas de rollizo, más simples y menos evolucionadas, por las agujas de tabla plana, si bien aquellas, por no precisar ser manipuladas, perdurarían en el tiempo en fábricas de tapiales menos cuidados y ejecutados con medios más rudimentarios.

La utilización de las agujas planas, que al objeto de ofrecer una mayor superficie de asiento para apoyo del tapial, generalmente se disponía horizontalmente, supuso una auténtica renovación en la tecnología de ejecución de los tapiales o moldes de encofrado; de hecho, además de que con su aparición los tapiales del encofrado hubieron de dotarse de los nuevos elementos auxiliares o complementarios ya referidos (clavos, cuñas y vástagos), con su empleo se consiguieron dos logros. De una parte, su utilización permitía reducir la profundidad del cajeado o roza exigido en el espesor de la tapia para la colocación de la aguja, con lo que se agilizaba el proceso constructivo; esta reducción resultaba especialmente interesante en las fábricas almohades, con una dureza característica a consecuencia de su alta dosificación de cal, que las convertía en auténticos hormigones,[7] bien diferente de los tapiales terrosos8 de otros periodos de la historia. De otra, con este tipo de agujas se conseguía reforzar el propio tapial (molde), de modo que los aros se conformaban por penetración o inserción del costal en la aguja (generalmente acuñado) y no necesariamente mediante atado por cordelería.

Ambas ventajas compensaban el mayor esfuerzo exigido durante el proceso de preparación de las agujas que, antes de su montaje, debían ser talladas y perforadas en el extremo saliente del haz de paramento al objeto de encastrar en ellas los correspondientes costales. A ellas había que añadir una tercera ventaja en aquellos casos, si bien poco habituales, en que la aguja de tabla plana se dispusiera verticalmente: la obtención de un mayor momento de inercia para resistir la acción de los tapiales que sobre ellas apoyaran (López 2007, 50).

Una tercera solución, poco frecuente y, lógicamente, más fácil de identificar por su presencia que por la oquedad generada, es la utilización de rollizos fajados o seccionados. El uso de este tipo de agujas se limita medias piezas, por lo que, en consecuencia, su identificación nos permitirá adscribir la fábrica a la época almohade y vincularla a procesos constructivos condicionados por una mayor precariedad de medios. La forma de la aguja y, por tanto, de la oquedad generada, dependerán de los seccionados realizados, que podrían ser dos o incluso tres; esta última solución, que recientemente hemos constatado en el tramo amurallado contiguo al Portillo Exterior de la Muralla de Marchena (Sevilla) (Graciani 2008) y que en la zona levantina ha sido constatada por López (2007, 123), implicaría la obtención de dos fajados planoconvexos, correspondientes a los extremos de los rollizo y que asentarían indiscriminadamente sobre una cara u otra, y un fajado central y plano, casi rectangular, que podría pasar desapercibido y confundirse con un media aguja común.

La aguja de sección cuadrada es sin duda la más evolucionada y la que por sus ventajas se mantendrá en la Historia. Su aparición, en sustitución de los modelos antes referidos, coincidió con el desarrollo de la carpintería mudéjar, momento éste al que corresponden los primeros ejemplos. Ante el incremento del coste de manipulación de esta tipología de aguja, sólo cabe pensar en que su empleo debió ser una consecuencia evidente de las ventajas constructivas que conllevó. Así mismo, es probable que la evolución de su uso, en cuanto a la posición relativa de la aguja respecto a las verdugadas de nivelación (y en consecuencia la evolución histórica de los tapiales verdugados), fuera también el resultado de las ventajas que presentaba cada solución sobre la inmediatamente anterior; es decir, que el tránsito a los tapiales de fraga (Graciani y Tabales 2008, 153) de triple verdugada, tipología que se mantendrá desde del siglo XVIII, desde los de doble verdugada, sería resultado de las ventajas constructivas de la primera solución referida y que, a su vez, la aparición de los tapiales de verdugada doble lo sería a consecuencia de las ventajas que presentaban respecto a los de verdugada simple.

El número de mechinales por cajón

La importancia e implicación constructiva del número de aros de un tapial ha sido una cuestión ampliamente tratada por Cuchí (1996, 159). Considerar el número de mechinales por cajón, entendemos que no es, en ningún caso, fundamental a la hora de realizar un análisis paramental, pues este dato no guarda relación directa alguna con las características de los mechinales sino, evidentemente, con la longitud del molde de encofrado. Además, hay que considerar que ni siquiera el dato sería certero, pues un mechinal de extremo de un cajón puede ser compartido por el contiguo ya que los tapiales solapan parcialmente sobre la tapia precedente.

Tampoco la regularidad de la trama generada por el número de agujas empleadas en las distintas tapias que conforman una fábrica debe ser considerada un indicio de la mayor calidad de dicha fábrica con relación a otra. De hecho, el número de agujas, o en su caso de mechinales, suele ser muy regular en los tapiales simples, generando una trama ortogonal muy evidente; por el contrario, en fábricas de tapiales encadenados, que, interrumpidas por aperturas de vanos (ventanas o accesos), suelen presentar mayor diversidad de longitudes de cajón y, en consecuencia, un número variable de mechinales por cajón y la consiguiente heterogeneidad de las longitudes de tapias han de interpretarse como una evidencia del replanteo exigido por el desplazamiento de las cadenas y los recercados; es decir, la diversidad de medidas implica que la distribución de las fronteras de los tapiales ha debido replantearse ante la necesidad de compatibilizar el desplazamiento de las cadenas y los recercados con la exigencia de mantener el contrapeado de las juntas de cajones de hilos superpuestos, al objeto de asegurar la no coincidencia de juntas verticales, una de las más fundamentales leyes de la albañilería.

Además ha de tenerse en cuenta que en casos de mayor disponibilidad de medios de ejecución (materiales y humanos) y en circunstancias en que era necesario agilizar los procesos los tapiales se construían empalmando o yuxtaponiendo unidades de tapiales y generando cajones continuos, de los que suele quedar constancia cuando se emplean juntas ataluzadas u oblicuas (de 50 a 60º) para mejorar la eficacia de los encuentros entre bancadas (Valdés 1870, 888; Rebolledo 1875, 161).

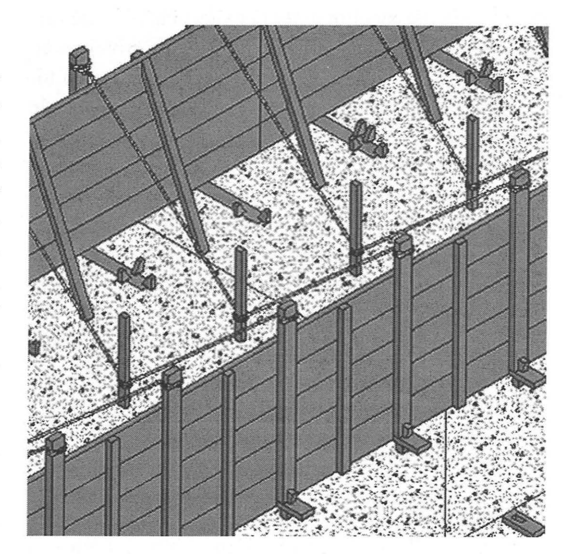


Figura 3
Proceso constructivo de un tapial continuo (dib. de L. A. Núñez Arce)

La distancia entre mechinales

Sí puede ser interesante considerar la separación entre agujas que, de no conservarse éstas, quedará indicada por la separación entre mechinales. En términos generales, en una fase menos evolucionada de la técnica, la distancia entre agujas corresponde a unos 50 cm, espacio escaso pero suficiente para la permanencia en pie del tapiador. A partir de época almohade, se evidencia un distanciamiento, progresivo, detectándose soluciones muy diversas, desde los 70 cm aproximadamente hasta los 80–85 cm; al coincidir con un perfeccionamiento de las características del encofrado, esta tendencia puede interpretarse como otra muestra de dicho perfeccionamiento, para facilitar un cómodo proceso de apisonado (Cuchí 1996, 159).

La posición de la aguja con relación al contacto entre hilos

Otro factor a considerar es la posición de la aguja con relación al contacto entre los hilos (Ger 1898, 294) o bancos (Ger 1898, 197) de la fábrica, lo que, de no conservarse agujas, se evidenciará a partir de

la posición del mechinal, de la existencia o no de una protección latericia y de verdugadas de nivelación.

Analizar esta cuestión es muy interesante, pues indicará cuáles han sido las fases de construcción de tapial de encofrado y el proceso de ejecución seguido por el tapiador. De hecho, el mechinal podría haberse generado de tres formas distintas, de las cuales las dos primeras son las más comunes por prever el mechinal, de una forma u otra, en la cara de tabla del cajón o tapia del hilo inferior al de la tapia que se pretende construir. La primera de ellas, consiste en la apertura de una roza en todo el espesor del cajón de argamasa; la segunda, en cajear el mechinal con materiales alternativos y, la tercera, en disponer la aguja directamente sobre el tapial inferior, y, en consecuencia, sin prever la oquedad de alojamiento, La primera solución es la más simple y la más antigua en el tiempo, pues de hecho, hasta época mudéjar es la única; incluso en periodos posteriores continúa ejecutándose, de modo que en los tratados como el *Manual del Albañil* de Marcos y Bousá se refiere a la talla mediante roce de alcotana (Marcos 1879, 173). La última solución, menos frecuente, obligaría a plantear variaciones en el molde de encofrado, entre ellas hacer muescas en el tablero como representa Villanueva en su *Arte de la Albañilería* (1827).

Para el caso más común de los tres casos referidos, es decir, que los mechinales se dispongan en el cajón inferior, entendemos que puede establecerse una evolución en la posición relativa de los mechinales, obedeciendo a una depuración y racionalización del proceso constructivo y a la conveniencia de minimizar, en la medida de lo posible el número de operaciones y gestos que se precisan para la ejecución de la fábrica y, por tanto, para agilizarlo; en cualquier caso, en periodos con soluciones avanzadas éstas llegan a combinarse con alternativas más simples, pudiendo incluso observarse la coexistencia de diferentes modelos en un mismo edificio, lo que no ha de interpretarse necesariamente como resultado de una evolución cronológica. De hecho, dado que la técnica se transmitiría de forma oral y práctica y que existen procedimientos de ejecución de mayor simpleza y, por tanto, más acordes a tapiadores ocasionales, cabe pensar que pudieran simultanearse distintos procedimientos y que una fábrica en apariencia más depurada fuera realmente coetánea al modelo previo, simplemente por haber sido ejecutada por una cuadrilla que utilizara esta técnica. Por ello, aunque sería lógico presuponer este modelo evolutivo, en principio, el análisis de la posición de la aguja con relación al contacto entre hilos o en su caso del mechinal, y de la existencia o no de una protección latericia y de verdugadas de nivelación, permite, al menos determinar qué muros pudieron ser construidos por una misma cuadrilla de obreros.

A continuación, ofrecemos las posibles posiciones al respecto, que, en general, avanzan cronológicamente en beneficio de la agilización del proceso, aunque siempre —insistimos— pudiendo coexistir con soluciones previas. Las ilustramos con esquemas (figura 4 a-e) en los que se representan soluciones en las que se hace uso de pies de aguja (Ger 1898, 197; Graciani 2009b) latericios y de agujas de sección cuadrada y que, cuando presentan remates, éstos son de ladrillo; estas cuestiones, que evidentemente condicionan el momento histórico al que corresponden las imágenes que ofrecemos (comienzos del siglo XV-siglo XVIII), deben obviarse para centrar la atención en el aspecto que nos ocupa, que es la posición de la aguja con relación al contacto entre hilos. De hecho, hemos optado por presentar estos esquemas con tales características porque sintetizan una variedad de soluciones que va evolucionando en la Edad Moderna, desde comienzos del siglo XV hasta el siglo XVIII.

En la posición 1, el mechinal aparece rebajado y enrasado en la tabla de asiento del cajón superior; en la posición 2, está rebajado en la tabla de asiento del cajón superior, enrasado y presenta pieza de remate; en la posición 3, el mechinal queda inserto entre verdugadas y posee remate, existiendo tres variantes posibles de esta solución: a) Posición 3.1. Mechinal entre verdugada simple y con remate; b) Posición 3.2. Mechinal entre témpano de dos verdugadas y con remate latericio y; c) Posición 3.3. Mechinal entre témpano de tres verdugadas.

Posición 1. Mechinal rebajado y enrasado en la tabla de asiento del cajón superior

Es la solución más simple y antigua; consiste en abrir un canal en el espesor de la tabla visible del cajón ejecutado, sobre la que se apoyará el cajón de encofrado de la tapia a ejecutar, después de haberlo desencofrado. Este procedimiento resultaría más lento a mayor dureza de la argamasa, vinculada a su proporción de cal (figura 4, posición 1).

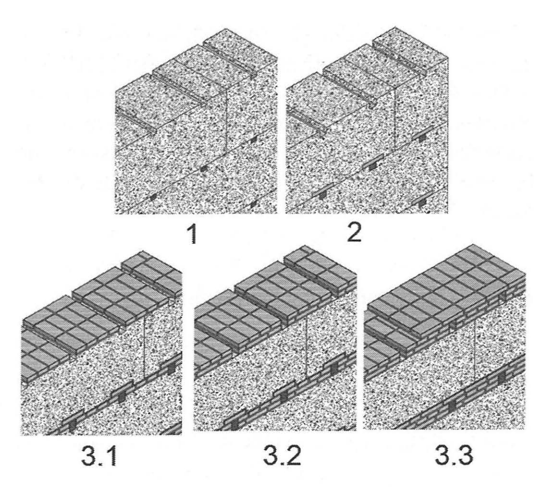


Figura 4
Posición 1, fábrica de tapial con mechinal rebajado y enrasado; Posición 2, fábrica de tapial con mechinal rebajado, enrasado y con remate; Posición 3.1

Con relación al contacto entre los hilos, esta primera posición se vincula tanto a la superposición directa como a la solución, más evolucionada, consistente en verter una tongada de cal entre los cajones de distintos hilos; la tongada, que podría disponerse antes o después del montaje del tapial superior, además de nivelar los asientos, contribuiría a impermeabilizar interiormente la fábrica, sellando la superficie y evitando el ascenso de agua por capilaridad, mejoraría la adherencia entre los hilos y facilitaría la fijación de la aguja.

Posición 2. Mechinal rebajado en la tabla de asiento del cajón superior, enrasado y con remate

Supone rematar la aguja con unas piezas (mampuestos o ladrillos por tabla) abarcando el espesor de la fábrica, sobre las que se vierte una tongada de cal, si bien no faltan ejemplos más ocasionales en que ésta se vierte antes rematar las agujas (figura 4, posición 2). En caso de mayor economía de medios, de escasez de piezas cerámicas o de existencia de piedra, las verdugadas de ladrillo —en Sevilla, las más comunes— se sustituyen por piezas de mampostería, en principio menos apropiadas para la regularización de la fábrica.

Esta solución que, al menos para el caso sevillano, empezó a ejecutarse en época almohade, y que perduraría en época mudéjar y renacentista si bien en coexistencia con otros procedimientos de ejecución, presentaba las siguientes ventajas, que, entre otras cuestiones implicaron cambios sustanciales en el tapial o molde de encofrado: a) Establecía una superficie de asiento continua para las tongadas del cajón superior, facilitando además su apisonado; b) Permitía utilizar agujas de mayor sección, mejorando así la seguridad del encofrado, por lo que, en su caso; c) Posibilitaba una mayor separación entre las agujas; de hecho, los inicios constatados de la técnica en época almohade, coinciden con el incremento de la separación entre agujas y, en general, una mejora de los cajones de encofrado y; d) Permitía que los tapiales de encofrado fueran de mayores dimensiones (altura, anchura y longitud).

Sin embargo, y en contraposición a estas ventajas, de utilizarse agujas de mayor sección, el rebaje practicado en el nivel superior de la argamasa, habría de ser mayor. Esto fue lo que sucedió en época mudéjar, cuando las agujas eran comúnmente de sección cuadrada y, en consecuencia, los rebajes hubieron de incrementarse; quizás fuera ésta la razón por la que, aunque esta solución perduró, tendió a dar paso a un tapial verdugado, que evitaba la necesidad del rebaje y en el que el mechinal resultaba cajeado entre las piezas de una verdugada y una de remate.

Posición 3. Mechinal inserto entre verdugadas y con remate

De modo general, en sus distintas variantes, esta solución corresponde a los tapiales que hemos denominado de fraga (Graciani), reivindicando el término que Ger (1898, 198) aplicaba a aquellos tramos de fábrica encofrada que se disponen entre tramos de fraga, es decir, en virtud a que diferentes fragas o superficies encofradas se disponen entre los verdugos y cadenas que refuerzan la fábrica y evitan o moderan los asientos diferenciales (figura 4, posiciones 3.1, 3.2 y 3.3). Con esta solución, se evita tener que rebajar el nivel superior de la argamasa habiendo sólo de dejarse discontinuidades en las verdugadas como mechinales en los que se insertarán las agujas del cajón superior.

Tales variantes son resultado de una evolución para facilitar el proceso de ejecución, presentando las

siguientes ventajas, las dos primeras relativas al proceso de ejecución y las otras de carácter mecánico: a) Aceleraba el proceso de ejecución; b) Establecía una superficie de asiento continua y homogénea para las tongadas del cajón superior, facilitando además su apisonado; c) Permitía resolver el problema del diferente asentamiento y la retracción de los tramos de tierra apisonada y la fábrica de ladrillo de los encadenados como consecuencia del diferente comportamiento de los materiales.

En 1879, al describir las fábricas de tapial encadenado Ricardo Marcos y Bausá en su Manual del Albañil, hará precisamente referencia a esta ventaja: «Con el objeto de regularizar los asientos de la fábrica y darla trabazón, puede también colocarse encima de cada hilada de cajones, una o dos de ladrillo, sentados con mortero y á nivel, que se llaman verdugos y verdugada la construcción». En consecuencia, con este proceso constructivo se consigue además mejorar la resistencia de la fábrica.

Con independencia de la variante empleada, el remate latericio solía mantenerse por las ventajas, ya referidas, de esta solución. Tales variantes, vinculadas en cualquier caso a la dimensión de la sección de las agujas, son las siguientes:

Posición 3.1. Mechinal cajeado entre verdugada simple y remate

Aparece ésta, por primera vez, en época almohade (figura 4, posición 3.1). La utilización, bastante generalizada, de agujas planas en este momento, hace que baste una única verdugada para evitar el rebaje en la superficie de tabla para la aguja. La coincidencia entre el incremento de sección de las agujas mudéjares, generalmente cuadradas, y —de utilizarse ladrillos— el mayor espesor de los de la época, hace factible la perduración de esta solución en época mudéjar, perdurando, incluso en la renacentista, cuando, sin embargo, tiende a emplearse más la solución siguiente.

Posición 3.2. Mechinal cajeado entre témpano de dos verdugadas y remate latericio

Como ya se ha indicado, esta solución prolifera en el siglo XVI; perdurará en el XVII, siendo de hecho la única a la que Fray Lorenzo de San Nicolás, en su *Arte y uso de la Arquitectura* (1639) hace referencia. Especialmente se aprecia en la construcción monumental (figura 4, posición 3.2). La conveniencia de esta solución en la época es que el espesor de las dos verdugadas corresponde al grosor del ladrillo.

Posición 3.3. Mechinal cajeado entre témpano de tres verdugadas

A partir de finales del siglo XVII y principios del XVIII, se detecta la utilización de tres verdugadas, eliminando la verdugada transversal de remate de la aguja, con lo que el proceso se agiliza al tiempo que la superficie de ladrillo se hace continua, con lo que se facilita la acción del tapiador y la distribución homogénea de las cargas (figura 4, posición 3.2).

La posición del mechinal con relación a la junta vertical de encuentro de cajones

Los cajones de diferentes hilos deben superponerse contrapeados, es decir, evitando la coincidencia de juntas verticales. De esta forma se mantiene una de las más fundamentales leyes de traba de la albañilería. Cuando los mechinales de los extremos de un cajón en ejecución quedan inmediatos a las fronteras, los remates latericios que aseguran las agujas no pueden colocarse, de ningún modo centrados respecto a ésta, debiendo desplazarse, alineando su testa hacia la correspondiente frontera. En estos casos, debe también considerarse la posición de la aguja respecto a la junta vertical de encuentro entre cajones ya que los remates latericios contiguos a una junta vertical de encuentro de dos cajones continuos del hilo superior permitirán deducir el sentido de la construcción.

A priori podría pensarse que un mechinal alineado a una junta vertical de una bancada superior que careciera de remate latericio podría también proporcionar esta información, a pesar de carecer de éste; sin embargo, en realidad el sentido de la construcción no podría asegurarse puesto que un mechinal podría haber sido compartido por dos cajones y la frontera podría haber sido colocada a un lado u otro del mechinal.

Conclusiones

Un correcto análisis constructivo de una fábrica de tapial debe estar basado en una inspección visual que considere los indicios constructivos que se desprenden de las oquedades e improntas que dicha fábrica presenta, no sólo los correspondientes a los mechinales sino también a los generados por la desaparición de otros elementos auxiliares del encofrado empleados para resolver diversos problemas de sujeción antes de comenzar el vertido de la argamasa y evitar cualquier desplazamiento de los tableros, los costales y las agujas del encofrado.

De éste se desprenderán interesantes conclusiones relativas a cómo se ha desarrollado el proceso de ejecución, que ayudarán al investigador a datar las fábricas y a interpretar las posibilidades materiales de sus constructores y la entidad de los medios y/o recursos económicos que tenían a su disposición.

Su análisis es necesario especialmente en fábricas que vayan a ser intervenidas no sólo porque a consecuencia de tales intervenciones esta información constructiva, pueda llegar a desaparecer, sino porque los datos transmitidos por la fábrica pueden garantizar una solución respetuosa con su historia.

Notas

1. Proyecto financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología (España), bajo la dirección de Amparo Graciani García.
2. A tal efecto, se ha establecido un protocolo de caracterización material (Graciani et al. 2005).
3. La lectura paramental de una fábrica de tapial debe realizarse desde un triple punto de vista, constructivo (ejecución), material (composición) y métrico (módulo). Aunque de la inspección visual y del estudio de gabinete posterior pueden obtenerse la mayor parte de las conclusiones, el análisis de la composición material debe avalarse mediante estudios de caracterización (Graciani 2009a).
4. Córdoba (1998, 156) refiere esta simultaneidad en los tapiales de la Ronda del Marrubial (Córdoba), de la primera mitad del siglo XIV.
5. En el entorno sevillano, contamos con algunos ejemplos almohades de medias agujas, como las apreciadas en las murallas de Sanlúcar la Mayor, Marchena, ... Sobre el caso granadino, véase, entre otros los trabajos de J. M. Martín Civantos (2002) y M. Martín (Martín 2005).
6. Al menos, así se ha constatado en el caso sevillano.
7. Sobre los tapiales de hormigón en la época, vid. Azuar 1994 y sobre el caso sevillano y bajo un enfoque más técnico, centrado en la muralla de Sevilla, Martín et al. 2008.
8. Malpica (2003, 53) distingue tres «modalidades de tapiales: de tierra apisonada o barro, hormigonado (un mortero de cal y arena) y de calicanto». Bazzana (1989, 358–359) habla de tapiales de tierra, de piedra y de mortero.

Lista de referencias

Azuar, Rafael. 1995. «Las técnicas constructivas en al-Andalus. El origen de la sillería y el hormigón de tapial». *Actas de las V Semana de Estudios Medievales*. Nájera (1994), 125–142.

Azuar, Rafael. 2004. «Las técnicas constructivas y la fortificación almohade en al-Andalus». *Los Almohades. Su patrimonio arquitectónico y arqueológico de Al-Andalus*. Sevilla, 57–74.

Azuar, Rafael. 2005. «Técnicas constructivas y fortificación almohade en al-Andalus». *Arqueología de la Arquitectura*, 4: 149–160. Vitoria: Universidad del País Vasco.

Bazzana, André. 1989. «Éléments d'archéologie musulmane dans al-Andalus: caracteres spécifiques de l'architecture militaire arabe de la région valencienne», *Al-Qantara*, 1: 358–359.

Córdoba, Ricardo. 1998. «Aportaciones arqueológicas al conocimiento de las técnicas de construcción de la Córdoba bajomedieval». *Actas del II Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, La Coruña: 151–158. Sociedad Española de Historia de la Construcción, CEHOPU, CEDEX, Instituto Juan de Herrera.

Cuchí, Albert. 1996. «La técnica tradicional del tapial». *Actas del I Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, 159–165. Madrid: Escuela Técnica Superior de Arquitectura.

Ger, Florencio.1898. *Tratado de Construcción Civil.* Badajoz.

Graciani, Amparo. 2005. «El Proyecto de I+D (2004–2007) BIA2004–01092: Propuestas de Mantenimiento, Evaluación y Restauración para la Rehabilitación de Edificios e Infraestructuras Urbanas con Fábricas Históricas de Tapial en la Provincia de Sevilla». *Actas de las I Jornadas de Investigación en Construcción*, 1: 99–211. Madrid: Instituto Eduardo Torroja, CSIC, Amiet.

Graciani, Amparo. 2009a. «La técnica del tapial en Andalucía Occidental». *III Jornadas Técnicas de la Alcazaba de Almería, Construir en al-Andalus.* Patronato de la Alcazaba de Almería (e.p).

Graciani, Amparo. 2009b. «Análisis crítico de la terminología sobre la técnica del tapial en la tratadística. Aportaciones a la comprensión de los estudios documentales de

la Arquitectura Sevillana». *Actas del I Congreso Internacional del Centenario del Laboratorio de Arte de la Universidad de Sevilla* (2007) (e.p.).

Graciani et al. 2005. «Revisión crítica de las analíticas sobre las fábricas de tapial en la muralla islámica de Sevilla». *Actas de las I Jornadas de Investigación en Construcción,* 1: 213–222. Madrid: Instituto Eduardo Torroja, CSIC, Amiet.

Graciani, Amparo. 2008. «Fábricas islámicas del Mirador Almohade de la Muralla de Marchena (Sevilla). Tramos de La Alcazaba y El Parque». *Revista Laboratorio de Arte, Universidad de Sevilla* 21 (e.p.). Sevilla: Universidad de Sevilla.

Graciani, Amparo y Tabales, Miguel Ángel. 2003. «Typological Observations on Tapia Walls in the Area of Seville». *Proceedings of the First International Congress on Construction History,* 3: 1093–1106. Madrid: Instituto Juan de Herrera, Escuela Técnica Superior de Arquitectura UPM.

Graciani, Amparo y Tabales, Miguel Ángel. 2008. «El tapial en el área sevillana. Avance cronotipológico estructural». *Arqueología de la Arquitectura,* 5: 135–158. Madrid: CSIC-Universidad del País Vasco.

Gurriarán, Pedro y Sáez, Ángel J. 2002. «Tapial o fábricas encofradas en recintos urbanos andalusíes». *Actas del II Congreso Internacional La Ciudad en al-Andalus y el Magreb.* El Legado Andalusí: 561–625.

López, Francisco Javier. 1997. *Tapias y tapiales.* Loggia 8: 74–89.

López, Francisco Javier. 2007. *Tapiería en fortificaciones medievales. Región de Murcia.* Tesis Doctoral inédita, dir. por J.F. Noguera. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. UPV.

Malpica, Antonio. 2003. *Los Castillos de al-Andalus y la organización del territorio.* Univ. de Extremadura, Cáceres.

Marcos, Ricardo. 1879 (3ª ed.). *Manual del Albañil.* Madrid.

Martín, José María. 2002. «Ensayo de análisis comparativo de técnicas, materiales y tipos constructivos en las fortificaciones medievales del Zenete (Granada)». *Miscelánea Medieval Murciana,* 25–26, 2001?2002: 183–229.

Martín, Mariano. 2005. «La construcción del tapial en época nazarí: el caso de la muralla exterior del Albaicín de Granada». *Actas del IV Congreso Nacional de Historia de la Construcción,* 741–748. Madrid: Sociedad Española de Historia de la Construcción, Instituto Juan de Herrera de la UPM, Colegio Oficial de Arquitectos de Cádiz.

Martín et al. 2008. «Hormigones de cal islámicos: altas resistencias en los tapiales del sector oriental de la Muralla de Sevilla (España)». *Actas de IX CICOP, Congreso Internacional de Rehabilitación del Patrimonio Arquitectónico y Edificación. Patrimonio Construido e Innovación (Sevilla)* I: 81–86. Gran Canaria: Centro Internacional de Conservación del Patrimonio.

Pavón, Basilio. 1998. *Tratado de Arquitectura hispanomusulmana* II. Fortalezas.

Rebolledo, José A. 1875. *Construcción General.* Madrid.

Valdés, Nicolás. 1870. *Manual de Ingeniero y el Arquitecto.* Madrid.

Villanueva, Juan de. 1827. *Arte de albañilería o instrucciones para los jóvenes que se dedican a él* (facs. 1977).

La antigua sacristía del colegio del cardenal de Monforte de Lemos: estudio geométrico de una bóveda muy deformada

Rosa Ana Guerra Pestonit

El Colegio de Nuestra Señora de la Antigua de Monforte de Lemos, más conocido por el nombre de Colegio del Cardenal,[1] se empezó a construir en 1593 bajo el mecenazgo del cardenal de Sevilla don Rodrigo de Castro. El Cardenal estaba vinculado a Monforte donde había pasado su infancia, al ser hijo de la condesa de Lemos. Sus biógrafos lo describen como un refinado humanista, filántropo y promotor de la cultura. Igualmente destacan su implicación activa en la vida de la corte, donde fue consejero del rey Felipe II. Influido, quizá, por la obra de El Escorial[2] decidió destinar todos sus esfuerzos a la construcción de un colegio en Monforte «por el deseo que tengo del aprovechamiento de los naturales del reino de Galicia así en virtud como en letras, especialmente de los estados y tierras de Lemos» (Cotarelo Valledor 1945, 294).

Pero don Rodrigo murió cuando la obra apenas había salido de los cimientos. Los problemas económicos y otras incidencias adversas hicieron que la ejecución progresara lentamente. Los períodos de actividad constructiva se alternaron con los de paralización y la obra no se remató hasta el primer tercio del siglo XX.

La parte principal de la construcción se desenvolvió entre los años 1593 y 1619: se acabó la iglesia, la fachada principal y parte de los cuerpos que se articulan alrededor de dos patios colocados a ambos lados de la iglesia. Luego cesaron las obras y prácticamente no se construyó nada nuevo hasta 1919 (Martínez González 2000, 29). El espacio del que se ocupa este trabajo, la sacristía, sería una excepción.

La sacristía

Poco se conoce de las circunstancias que rodearon su construcción. Se sabe que ya existía una anteriormente,[3] que las obras se iniciaron en 1699 y que costaron 85.694 reales.[4] Nunca llegó a resolverse su conexión con la iglesia, lo que hizo que el uso de sacristía acabara trasladándose a un pequeño espacio al lado del presbiterio, y que la sala construida para ese fin cambiase el uso inicialmente previsto: «se empleó, sucesivamente, para sala de estudio, oratorio de internos, comedor, biblioteca y, ahora, museo, donde se exhiben varios cuadros pictóricos de gran valor» (Martínez González 2000, 29). La que fuera denominada *nueva* sacristía durante su construcción pasó a llamarse, con el cambio de uso, *antigua* sacristía.

Esta sala está situada en la crujía noroeste (posterior) del edificio, en la parte de la derecha (orientados de frente a la fachada principal), y en el nivel de la planta baja, que se convierte en planta primera en la parte posterior debido al desnivel. Se accede a ella desde el claustro, atravesando un espacio de tránsito o antesacristía que también estuvo cubierto con una bóveda que se perdió.[5]

Se trata de un recinto de planta rectangular, de 7,77 × 13,49 metros con sus paredes y bóvedas de cantería de granito. La bóveda es de cañón y está dividida en dos tramos limitados por arcos fajones (tres en total). En cada tramo se abren dos lunetos, siendo ciegos los del muro interior, contiguo al claustro, y con ventanas los del exterior.

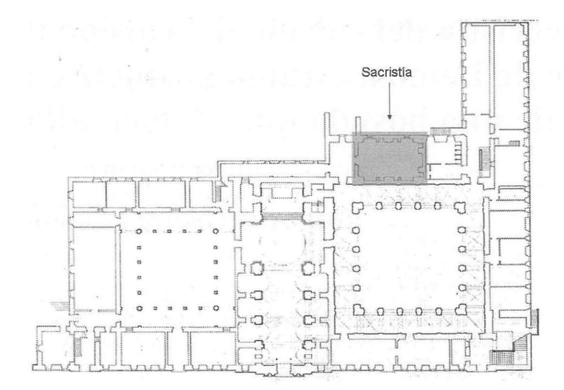


Figura 1
Situación de la sacristía. Dibujo sobre la planta del levantamiento de Meijide (1984)

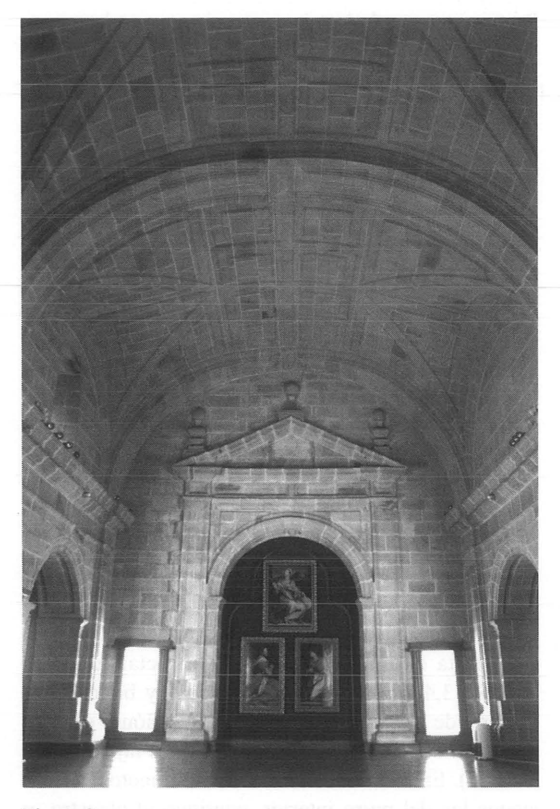


Figura 2
Fotografía de la antigua sacristía, hoy destinada a museo

No parece que responda a una previsión del proyecto inicial. Es difícil asegurarlo. Por un lado, el Colegio es una obra concebida como un proyecto cerrado, con pocas posibilidades de admitir variaciones.[6] Pero por otro lado, se sabe que el proyecto inicial se modificó desde el primer momento y sólo con mirar la planta resulta evidente que no pudo haber sido concebida así. El arquitecto Pérez de los Cobos, que la estudia detenidamente en la memoria del proyecto que redacta en 1915 para la finalización del edificio, lo expresa de esta manera:

> El edificio de que nos ocupamos es de una gran extensión y monumentalidad pero desgraciadamente está a medio ejecutar y no existen planos ni documentos que nos haga conocer la idea o concepción general del constructor de la obra ni por otra parte es fácil suponerla por no obedecer lo construido a un plan definido y haber detalles de trazado que desorientan completamente, haciendo creer que no existe una idea fija,
>
> Desde luego se vé que [el autor] pensaba terminar la fachada principal, la fachada N.E., el patio de la derecha y el de la izquierda, ... ¿pensaba dejar el edificio por la parte posterior con el escalonado de la planta que hoy se observa? Es decir sin forma ninguna, pues el ala de N.E. se prolonga en mucha longitud en la parte de la sacristía antigua y se recoge muchísimo, en la parte de la izquierda ...
>
> ¿Cual fué la idea general del trazado de edificio que guió al autor del Proyecto?
>
> La verdad, no damos con ello.
>
> creemos, que no nos debemos preocupar en absoluto del trazado general que no ha debido haber [ortografía original] (Pérez de los Cobos 1915)

Si se analiza el alzado posterior (figura 3) se puede observar cómo los huecos de la sacristía rompen el rit-

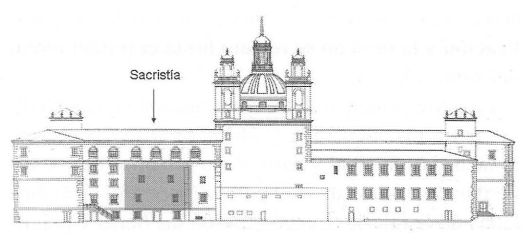


Figura 3
Alzado noroeste (posterior). Dibujo sobre alzado de Meijide (1984).

mo vertical y horizontal del resto de las ventanas. Este dato refuerza la idea de que se trata de un elemento no previsto inicialmente, comenzado casi ochenta años después de acabada la principal campaña constructiva y, por lo tanto, ajeno al proyecto inicial.

Es relevante la presencia de dos contrafuertes exteriores que dan cuenta de los problemas estructurales que afectaron a las bóvedas. Se sabe que la de la antesacristía se arruinó, pero se desconoce cómo se comportaron las bóvedas de la sacristía y si tuvieron que someterse a algún proceso de restauración. Tampoco se sabe si los movimientos que muestran se deben a deficiencias iniciales de la obra o si fueron consecuencia del terremoto de Lisboa de 1755 que dañó tan seriamente otras estructuras del edificio. La sequía documental es total y sólo queda la lectura cuidadosa de lo construido.

Levantamiento

El primer paso en el estudio fue la realización de un levantamiento geométrico. Para la toma de datos se utilizó una estación total sin reflectante. Se realizaron ocho estacionamientos en el interior y dos en el exterior, que generaron sendos archivos de puntos. Se establecieron referencias fijas para todos los archivos, lo que permitió unir todos los datos en uno único. Se registraron barridos de puntos muy juntos (separaciones inferiores a 5 mm en zonas donde se precisaba mucho detalle) para las secciones horizontales y verticales. Esta técnica permite la obtención directa, sin casi la intervención del dibujante, de perfiles muy precisos *reales*, y reduce los errores de interpretación que se pueden dar cuando las medidas se toman sólo en puntos concretos.

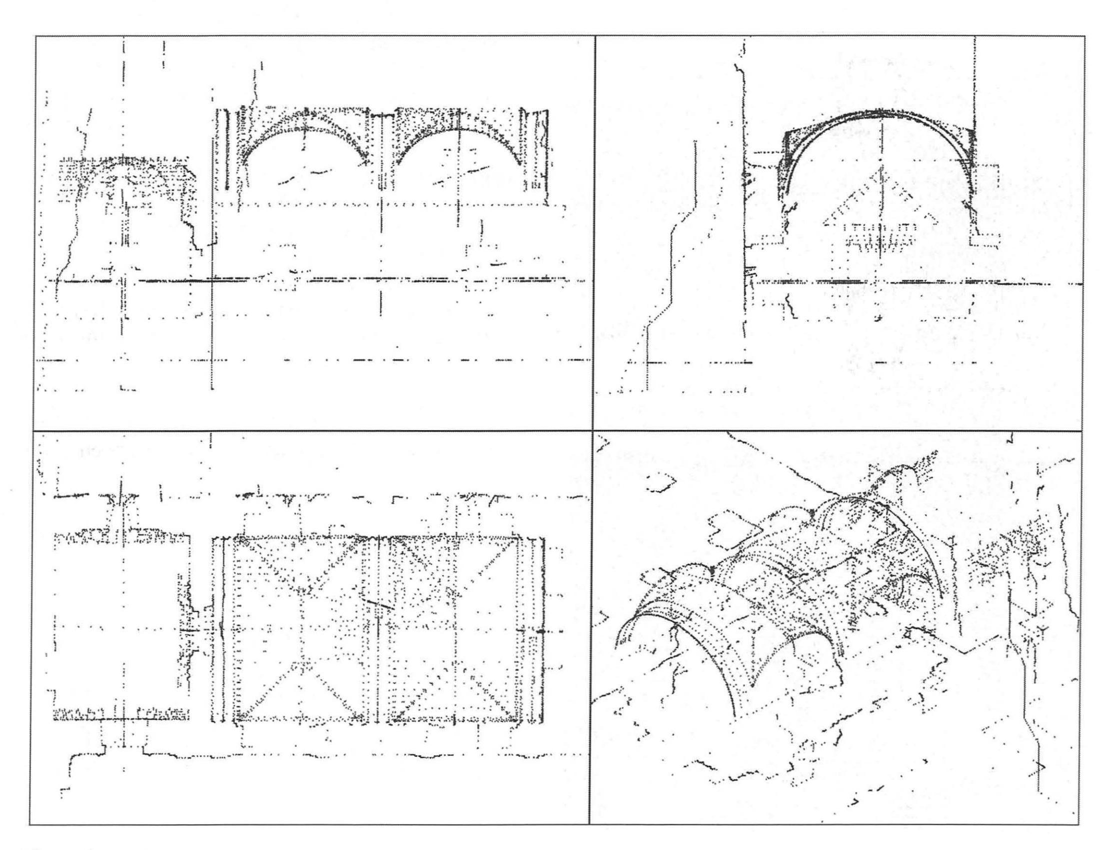


Figura 4
Nube de puntos. Proyecciones y perspectiva

Se registraron los siguientes elementos:

- barridos horizontales de los perímetros de la sacristía y antesacristía
- barrido de las secciones longitudinales y transversales por os ejes de simetría de la sacristía y antesacristía
- barrido de las secciones transversales medias de los dos tramos de bóveda
- contorno de los testeros de la sacristía
- contorno del borde de la primera bóveda
- contorno de los arcos formeros
- perfil del intradós y despiece de los arco fajones
- aristas de los lunetos
- despiece longitudinal (hiladas) de las bóvedas de la sacristía y despiece completo de los arranques de la de la antesacristía
- contorno y despiece de la portada de acceso y del dintel interior de la puerta
- contorno y profundidad de las ventanas
- contorno de los ornamentos en medio tramo de cada bóveda
- alineación de las cornisas
- barrido de la sección vertical de los muros exteriores
- contorno horizontal de los muros exteriores
- barrido del perfil de los contrafuertes
- contorno y barridos de las secciones horizontales y verticales del exterior de las ventanas

Los puntos obtenidos se procesaron en un programa de CAD, organizándolos en distintas capas y uniéndolos mediante poligonales para facilitar su reconocimiento. Del archivo de datos tridimensional se obtuvieron las distintas proyecciones ortogonales sobre las que se elaboraron los dibujos de plantas, alzados y secciones de la geometría real y las interpretaciones de la geometría teórica.

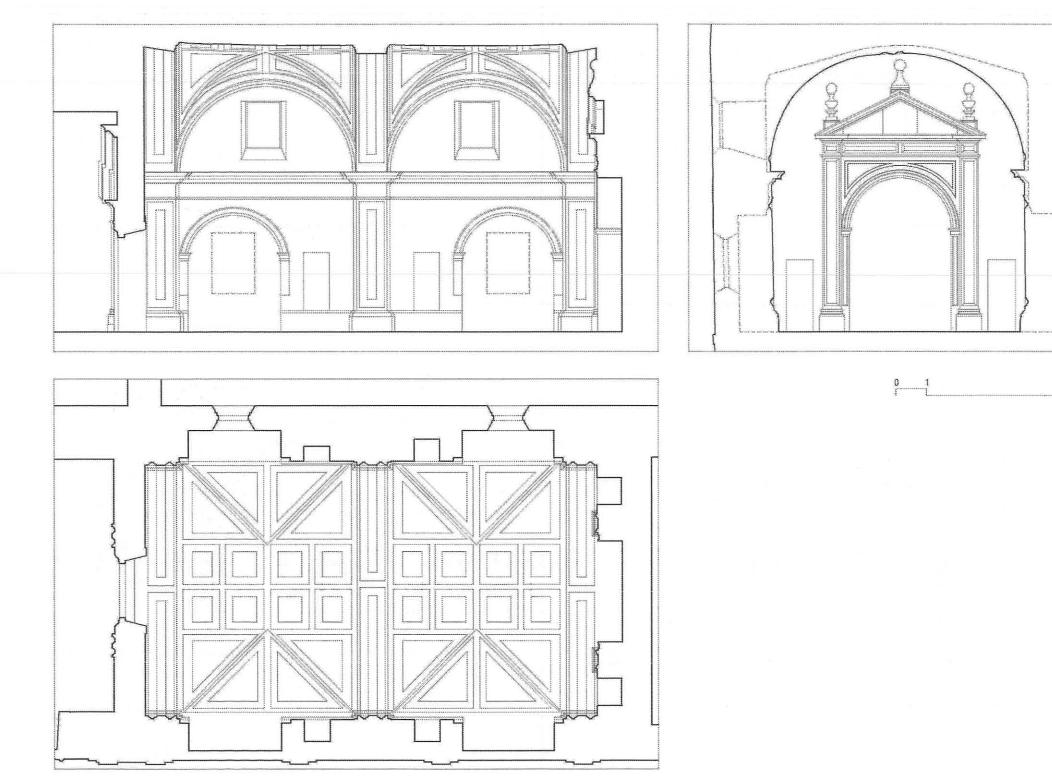


Figura 5
Planta y secciones longitudinal y transversal

Deformaciones

La sección longitudinal

Lo primero que llama la atención al analizar la sección longitudinal es la deformación de los formeros extremos, que llamaremos arco 1 (el del testero opuesto a la puerta) y arco 3 (el del muro de la puerta). Su perfil en la clave está girado de forma que el borde adyacente a las bóvedas desciende 14,5 cm respecto al borde que se apoya en los testeros, con la misma inclinación en los dos arcos. El resultado es el de un intradós alabeado. El arco central mantiene su sección sin giro y desciende todavía un poco más: 2,5 cm respecto al arco 1 y 7,5 respecto al 3 (la clave del arco 3 está más alta que la del 1).

La sección transversal central

Al estudiar la sección transversal central se aprecian otras deformaciones. Los muros están desplomados en el mismo sentido: hacia el exterior del edificio. El muro exterior se inclina con un ángulo de 1,07º, y el que limita con el claustro lo acompaña con un ángulo de 0,26º. en el sentido opuesto al que cabría esperar por el efecto del empuje de la bóveda. Este muro recibe también los empujes de las bóvedas de arista del claustro, pero debe tenerse en cuenta que ese tramo de bóvedas fue construido entre 1919 y 1930 (Martínez González 2000, 29). Las cornisas están a distinto nivel. La cornisa del muro exterior está 4,7 cm por debajo de la del muro del claustro.

El desplome exterior del muro es similar al interior. Se aprecia un abombamiento a la altura de la bóveda. Considerando el centro de giro en el arranque de los muros en la planta semisótano el desplome exterior del muro a la altura de la cornisa de la bóveda es de 9,6 cm. El desplome máximo se produce en la cota superior de los contrafuertes y alcanza 17,5 cm. En el interior los valores de los desplazamientos de los arranques de los arcos sobre la cornisa se han obtenido de forma indirecta tras el

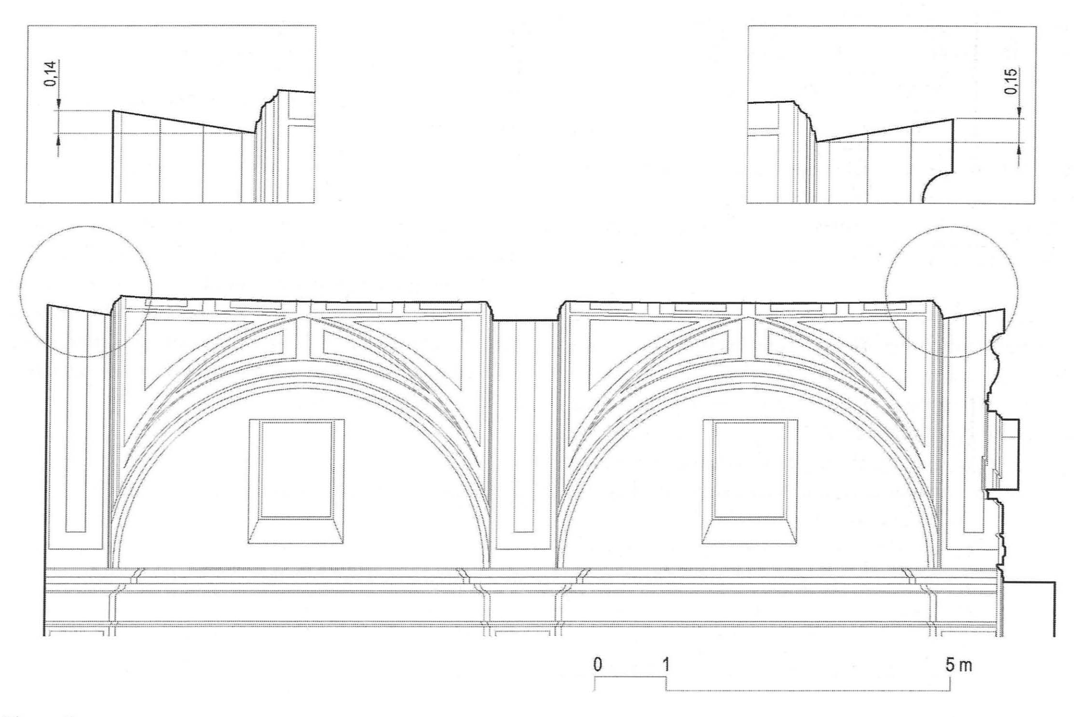


Figura 6
Deformaciones de la sección longitudinal

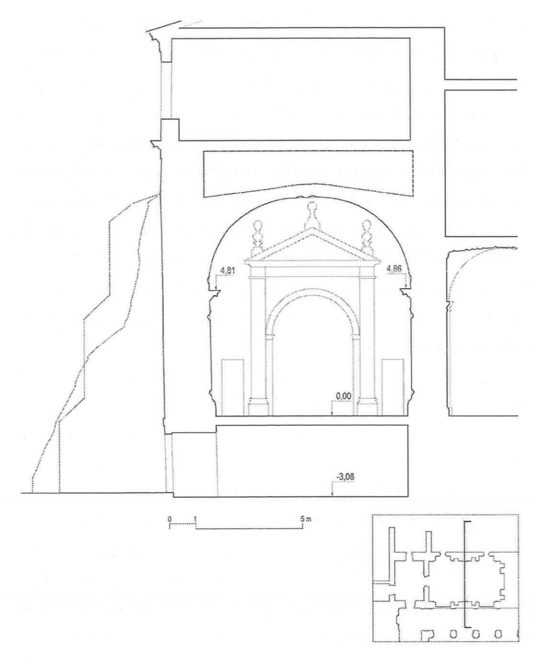


Figura 7
Sección transversal central (arco 2). Con línea de puntos el perfil de los contrafuertes de la antesacristía.

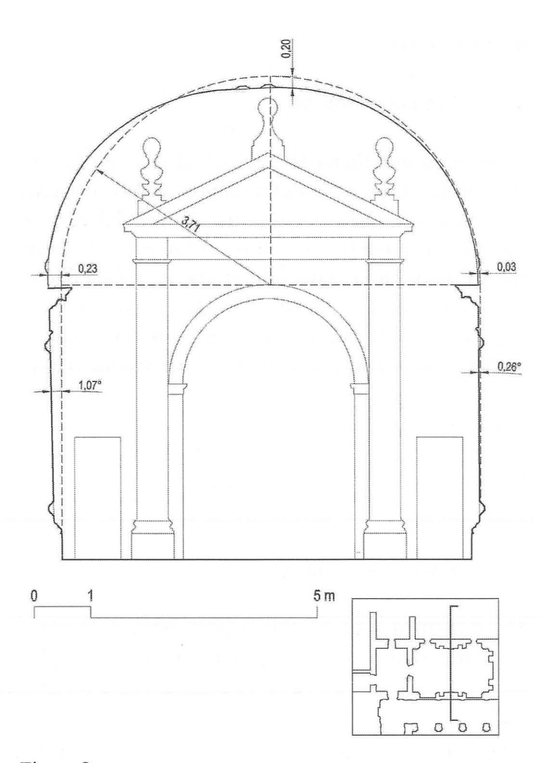


Figura 8
Deformación de la sección transversal del arco 2. A trazos la geometría sin deformar.

estudio de la geometría teórica, como se verá más adelante. El perfil del arco está muy deformado, adoptando forma oval. La clave se ha desviado notablemente del eje de simetría.

Las deformaciones de los arcos extremos

En los arcos extremos se aprecian deformaciones de la directriz del intradós de la misma naturaleza que en el arco central, con la diferencia de que sus secciones transversales también están giradas en la clave, como comentamos más arriba y el perfil resulta alabeado. Al ser tan evidente la diferencia de las cotas de los bordes pegados a los muros de los tímpanos y las de los bordes contiguos a las bóvedas se ha considerado el perfil del arco que está en contacto con el muro para indagar la geometría teórica.

En los dos testeros se ha encontrado dos bloques monolíticos en los arranques que se mantienen con curvatura constante. El bloque exterior se ha desplazado hacia fuera y la zona intermedia se ha deformado. El bloque correspondiente al muro exterior es el de menor tamaño y el opuesto sobrepasa la semicircunferencia. El radio de las zonas sin deformar es de 3,71 cm. Se ha considerado este valor como el teórico de la geometría sin deformar.

Comprobación de la geometría teórica

Con el valor obtenido del análisis de los testeros se comprobó si el estado de deformación que se apreciaba en el arco central (arco 2) podría derivarse del arco teórico considerado. En el proceso de deformación de un arco se producen tres articulaciones (grietas) que son las que permiten que el arco se adapte manteniendo el estado de equilibrio. A aparición de una cuarta grieta supondría el colapso por la forma-

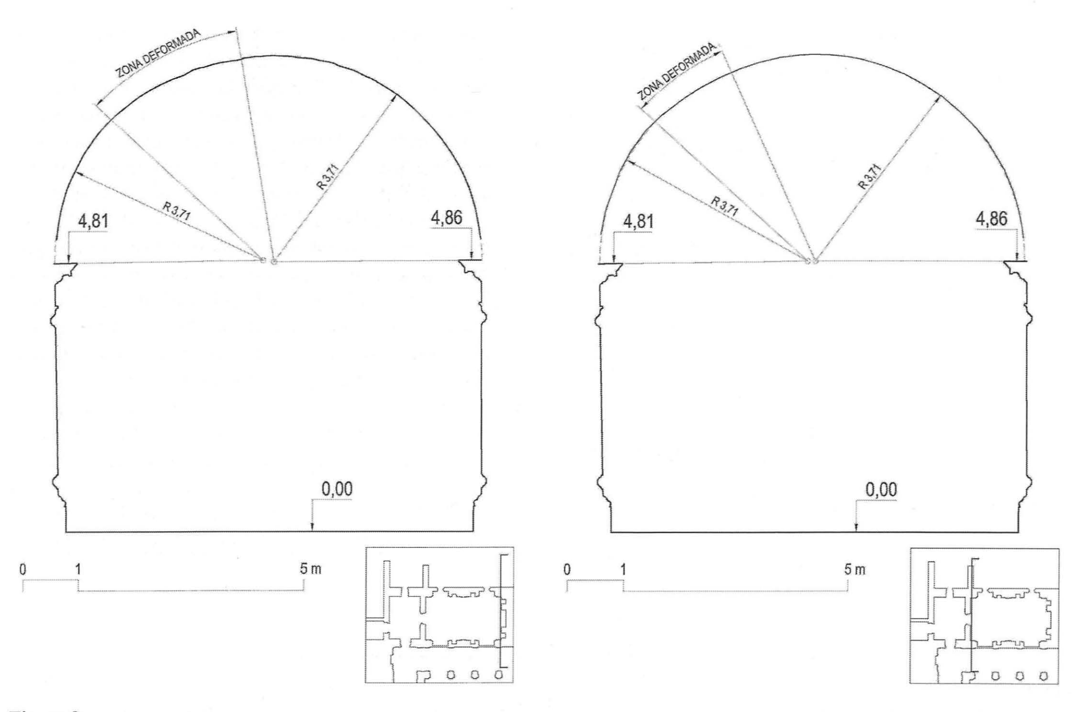


Figura 9
a) Deformación del testero del arco 1. b) Deformación del testero del arco 3. En ambos casos se han formado dos bloques monolíticos se mantienen sin deformar.

ción de un mecanismo. El tramo de arco situado entre dos rótulas gira de forma monolítica (Huerta 2004, 123).

Se partió de la geometría real del intradós del arco central. Para buscar las articulaciones se alineó un arco teórico con el perfil real a partir de cada arranque. Se consideró que la articulación se situaba en el punto en el que los perfiles dejaban de coincidir, lo que correspondió con la posición de la séptima dovela, en ambos lados. El paso siguiente fue encajar el segmento indeformable que se forma entre las dos rótulas mediante una operación geométrica elemental. La clave se consideró que descendía en posición horizontal. El resultado confirma la validez de la geometría teórica propuesta.

La posición del arco teórico que hace posible la deformación actual muestra que los desplazamientos de los arranques de la bóveda, en el muro exterior, son mayores de lo que se deducen del simple giro del muro. Esto podría indicar un fenómeno de deslizamiento. El estudio mecánico y el análisis de los movimientos de las bóvedas permitirán validar esta hipótesis y establecer las causas y la secuencia del proceso que condujo a la deformación actual de estas bóvedas.

NOTAS

1. El edificio se conoce con otros nombres: Colegio de la Compañía, de los Jesuitas, la Compañía y Colegio (o Convento) de los Escolapios. Con todos estos nombres aparece en las distintas fuentes, lo que debe tenerse en cuenta en las indagaciones bibliográficas.
2. La influencia del modelo de El Escorial se percibe en el programa que se elabora para el Colegio y en ciertos aspectos formales de su arquitectura. Algunos autores incluso atribuyeron la autoría del proyecto al propio Juan de Herrera (Cotarelo Valledor 1945, 297; Martínez González 2000, 13; Pérez de los Cobos 1915) aunque se debe al jesuita Andrés Ruiz, segoviano, y al

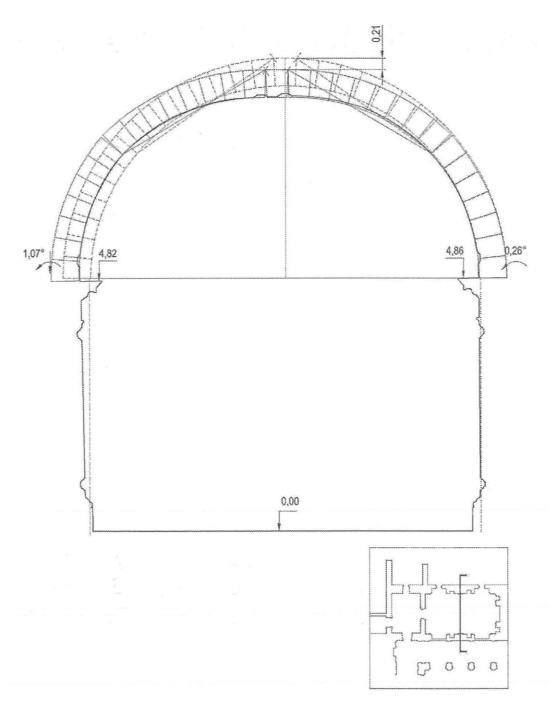


Figura 10
Arco 2: Deformación de la geometría teórica y obtención del valor del descenso de la clave. Comparación con el perfil real deformado.

arquitecto del arzobispado de Sevilla, el italiano Vermondo Resta. Este proyecto fue modificado sustancialmente, posiblemente por Juan de Tolosa, directamente emparentado con Pedro de Tolosa, aparejador de El Escorial (Cotarelo Valledor 1945, 299).

3. Está documentada una asignación económica para el ornato de la sacristía en 1648 (Lorenzana Lamelo 1989, 72).
4. El padre Esteban Martínez aporta estos dos últimos datos pero no cita la fuente (Martínez González 2000, 29). Otra referencia a la fecha de construcción se encuentra en una solicitud económica al XI conde le Lemos, patrono del colegio, en 1701, alegando «la endémica situación económica, acentuada al haber comenzado dos años antes una obra de envergadura como era la sacristía nueva» (Rivera Vázquez 1989, 302).
5. El proyecto que se redactó en 1915 para finalizar definitivamente las obras del Colegio la describe así: «La bóveda de piedra de la antesacristía, piso de la planta principal está completamente ruinosa sin duda por el movimiento que hicieron cuando le quitaron los contrafuertes a la fachada posterior. Hay que desmontarla por completo apeándola convenientemente,» (Pérez de los Cobos 1915). Hermida Balado da cuenta del proceso de demolición: «La primera [sacristía] y el amplio vestíbulo que le precede fueron obra por entero de piedra sillar, en la que sorprendía la bóveda del vestíbulo punto menos que plana. Pero que con el tiempo fue agrietándose hasta ofrecer peligro inminente de derrumbamiento. Esto ocurrió en 1924» (Hermida Balado 1969, 323)
6. «Una ventaja ... de lo herreriano eran sus programas acabados y completos ... El Colegio de Nuestra Señora de la Antigua en Monforte de Lemos y la iglesia del monasterio de Montederramo [otro edificio clasicista gallego] eran edificios concebidos y realizados con unidad y en los que no se injirió ningún elemento extraño a su estilo y estructura» (Bonet Correa 1984, 174).

LISTA DE REFERENCIAS

Bonet Correa, Antonio. 1984. *La Arquitectura en Galicia durante el siglo XVII*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Cotarelo Valledor, Armando. 1945. *El Cardenal Don Rodrigo de Castro y su fundación en Monforte de Lemos*. Vol. 1. Madrid: Magisterio Español.

Hermida Balado, Manuel. 1969. *Lemos: pequeña historia de un lugar con mucha historia*. Madrid: Fenix.

Huerta, Santiago. 2004. *Arcos, bóvedas y cúpulas: geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Lorenzana Lamelo, María Luisa. 1989. *Aportación documental al estudio histórico-artístico de dos fundaciones monfortinas: El colegio de la Compañía y el convento de las Clarisas*. Lugo: Servicio de Publicaciones de la Diputación Provincial de Lugo.

Martínez González, Esteban. 2000. *Colegio de Ntra. Sra. de la Antigua (Monforte de Lemos)*. León: Everest.

Pérez de los Cobos, Francisco. 1915. *Proyecto de conservación, reforma y ampliación del Colegio de Ntra. Sra. de la Antigua de Monforte de Lemos*. s. l.

Rivera Vázquez, Evaristo. 1989. *Galicia y los jesuitas: sus colegios y enseñanza en los siglos XVI al XVIII* A Coruña: Fundación Barrié de la Maza.

Construcción de la torre de la Atalaya de Jerez de la Frontera

José María Guerrero Vega

Adosada al muro del evangelio de la Parroquia de San Dionisio de Jerez de la Frontera se erige la torre *de la Atalaya*, construida por el concejo a mediados del siglo XV para la instalación del que fuera el primer reloj de la ciudad. Denominada en otros momentos como torre del Reloj, de la Vela, del Concejo o de San Dionisio, constituye, quizás, el más importante testimonio de la arquitectura gótico-mudéjar jerezana. Entendiendo al propio edificio como la más importante fuente de información de la que disponemos, se pretende con este trabajo un acercamiento a su proceso constructivo, así como aportar algunas conclusiones sobre él, fruto de una lectura atenta del levantamiento gráfico elaborado, y el análisis de las huellas y discontinuidades detectadas en la fábrica.

La torre se compone de dos volúmenes yuxtapuestos, de planta rectangular, adosados a los muros de la parroquia de San Dionisio, de los cuales el principal se divide en a su vez en dos niveles diferentes. La estancia inferior, similar a una capilla, se cubre mediante una bóveda de crucería sencilla, con plementería de ladrillo, cuyos nervios parten de columnillas suspendidas, con capiteles vegetales y de mocárabes. A este espacio se accede desde la nave de la iglesia a través de un arco polilobulado decorado con motivos de lazo que se entrecruza. La estancia superior destinada a alojar la maquinaría del reloj se cubre, a su vez, mediante bóveda de crucería con plementería de ladrillo. En este espacio se abre un hueco de grandes dimensiones hacía la plaza Plateros y en la pared opuesta un pequeño hueco cerrado por con una ventana de madera.

El volumen menor, al que se accede hoy día desde la nave de la iglesia por un hueco adintelado, alberga una escalera de caracol que asciende en el sentido



Figura 1
Imagen actual de la torre de la Atalaya

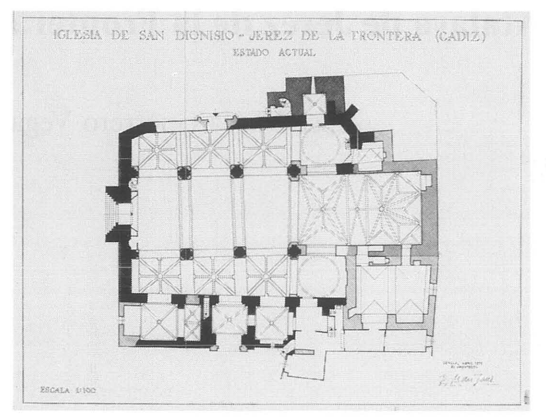


Figura 2
Planta Estado actual. Proyecto de obras de restauración de la iglesia de San Dionisio 1973 (Rafael Manzano Martos)

contrario a las agujas del reloj hasta la estancia superior de la torre, punto en el que se transforma en una escalera de planta cuadrada. En el pasillo que da acceso a la estancia del reloj se sitúa una puerta, actualmente cegada con fábrica de ladrillo, que se abriría sobre la azotea de la capilla lateral de la cabecera. Continuando la escalera se accede a la terraza de este volumen, desde la que a su vez se alcanza, salvando otros escalones ya exteriores, la del volumen principal. En esta otra azotea se sitúa una sencilla espadaña, rematada en frontón triangular, cuyo vano alberga la campana que tradicionalmente avisaba al vecindario de Jerez de los acontecimientos y peligros. Ambas terrazas se encuentran guarnecidas de merlones en las esquinas, con remate piramidal, y pretil plano.

Al exterior, ambos volúmenes se encuentran divididos en dos cuerpos por sendas molduras con decoración geométrica. Pero el aspecto que presenta mayor interés es la abundancia y variedad en la decoración de sus vanos, ya sean abiertos o ciegos. Los vanos del cuerpo inferior se decoran con motivos propios de la lacería mudéjar, mientras que aquellos del cuerpo superior poseen un lenguaje formal más gótico. Así, en el lado oriental del cuerpo superior se encuentra un arco conopial ciego, con caireles en el intradós, sustentado por columnillas con capiteles vegetales. Dicho arco está rematado por un alfiz,



Figura 3
Alzado norte y sección. (Dibujo del autor)

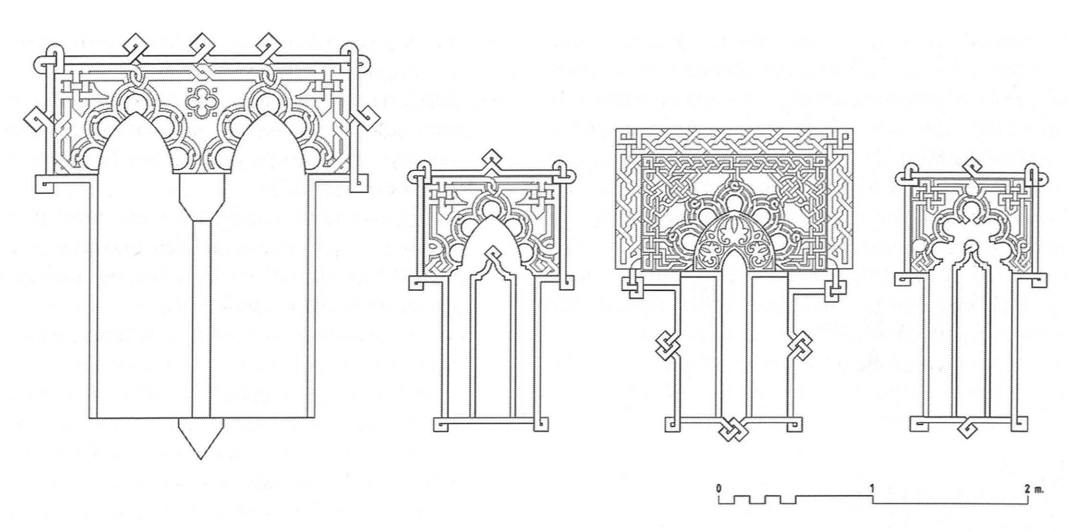


Figura 4
Ventanas del cuerpo inferior de la torre. (Dibujo del autor)

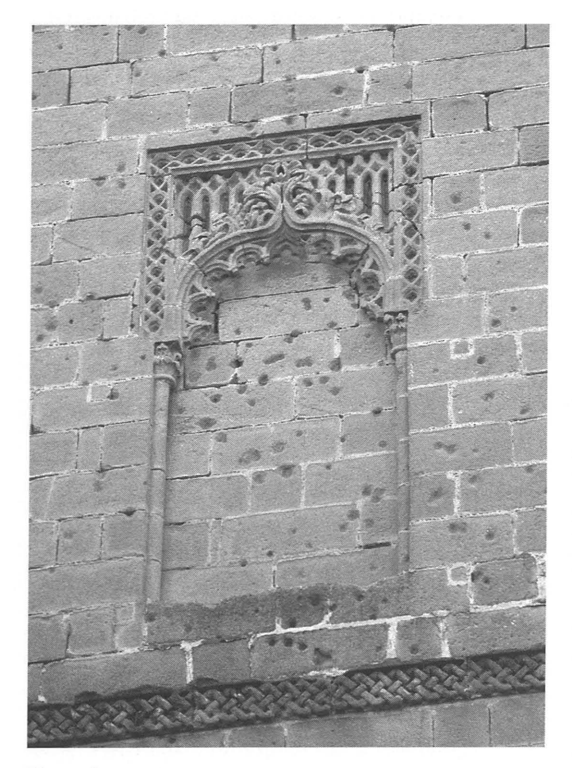


Figura 5
Ventana del cuerpo superior. Fachada este

repleto de baquetoncillos que se entrecruzan en la parte alta formando rombos, y bordeado a su vez por dos lazos. El hueco que se abre a la Plaza Plateros, orientado al norte, posee una geometría y dimensiones idénticas al anterior pero con mucha menos decoración. Esta diferencia en la decoración de los vanos de los dos niveles, ha sido motivo de la identificación de dos fases constructivas diferentes separadas en el tiempo.

ANTECEDENTES

Varios han sido los investigadores que se han ocupado en sus estudios de la torre de la Atalaya, a pesar de lo cual siempre ha sido problemática la datación de su construcción. Recientemente ha sido publicado un interesante estudio sobre la arquitectura militar en Jerez durante el siglo XVI de Manuel Romero Bejarano (2008). En él se realiza un completo recorrido por las distintas aportaciones realizadas por la historiografía, y hasta la fecha constituye el trabajo que ha tratado en más profundidad la historia constructiva del monumento, aportando abundante documentación inédita sobre las vicisitudes que trajo consigo la instalación y mantenimiento del reloj en la torre, así como el posterior uso de la misma como puesto de vigilancia.

Se puede concluir que el conjunto de autores que han tratado sobre la torre, con alguna leve diferencia, sitúa la construcción de la misma en torno a la mitad del siglo XV. De forma más precisa, López Vargas-Machuca (1998) llega a la conclusión de que el ábside al que se adosa la torre pertenece a una fábrica primitiva parcialmente conservada al erigir el nuevo templo,[1] situando esta obra en el mismo momento de la construcción del cuerpo inferior de la torre (López Vargas-Machuca 1999). Pero donde parece existir un amplio consenso es en identificar una fase constructiva posterior en la que se ejecutaría, bien el cuerpo superior completo (López Vargas-Machuca 1999, 347; Ríos Martínez 1999, 26; Pomar Rodil y Mariscal Rodríguez 2004, 102), o bien los huecos situados en esta parte, atendiendo a su lenguaje formal de un gótico más evolucionado (Pemán y Pemartín 1953, 88, García Peña 1990; Romero Bejarano 2008).

Desde que se instalara el reloj de la ciudad en la torre, motivo de su construcción, han quedado registradas numerosas noticias históricas que ilustran los continuos deterioros y mal funcionamiento de éste, así como los sucesivos arreglos de la maquinaria. Hagamos ahora una síntesis de aquellos datos históricos que documentan la vida del edificio:

- 1447. En las actas capitulares de este año se informa que «esta çerca de fecha la torre» para dicho reloj (Muñoz y Gómez 1889, 161–163).
- 1449. Por estos años se hizo la torre del reloj (Gutiérrez 1886, 2: 312).
- 1454. Se documenta que el reloj se encontraba instalado (Romero Bejarano 2008, 114).
- 1513. Se manda cerrar la ventana del cuerpo alto de la torre, que abría directamente a la estancia donde estaba el reloj, «por el agua et el viento» (Romero Bejarano 2008, 118).
- 1520. Se trabaja en una nueva esfera dorada ya que «se gastaron çiertos panes de oro para el mostrador que a de fazer para el dicho relox» (Romero Bejarano 2008, 118).
- 1522. Se continúa trabajando en la esfera puesto que se solicita «un cantero para que labre la torre para que pongan el mostrador» (Romero Bejarano 2008, 119).
- 1533. Se le coloca un tejaroz al reloj para evitar que le cayera polvo (Romero Bejarano 2008, 119).
- 1584. Se comienza a utilizar la torre como puesto vigía (Romero Bejarano 2008, 127).
- 1587. Se dice que en la torre no hay campana para hacer las velas. Dos años más tarde llegaría una campana fabricada en Sevilla (Romero Bejarano 2008, 128).
- 1597. El reloj no funcionaba y la ciudad acordó construir dos nuevos relojes: uno en la Iglesia de San Miguel y otro en la de Santiago (Romero Bejarano 2008, 124).
- 1636. Los campanarios donde estaban la campana del reloj y la de la vela amenazaban ruina tras el terremoto del 12 de octubre. Se demuelen ambos campanarios y es probable que por estas fechas se levantara la espadaña actual. (Romero Bejarano 2008, 130).
- 1662. La Ciudad cede temporalmente el espacio inferior de la torre, con comunicación desde la iglesia, a la Hermandad del Santísimo Sacramento. Se describe que en el hueco de la torre caen las pesas del reloj y que hay dos campanas: la del reloj y otra para rebatos (Orellana González 2000, 117–120).
- 1764–1769. La hermandad del Mayor Dolor, con sede en la parroquia, levanta unos locales para almacenes a espaldas del sagrario, junto a la torre (Aroca Vicenti 2002).
- 1798. Se informa de que el reloj estaba de nuevo estropeado.
- 1843. Se ordena demoler una tapia que cegaba la entrada a la torre desde la calle, así como la fabricación de una nueva puerta.
- 1882. Se derriba una construcción de poca entidad que cubría la puerta de la torre (Muñoz y Gómez 1889, 163).
- 1952. Se inicia expediente para la declaración de la torre como Monumento Histórico-Artístico. Por estas fechas se abre el hueco en el que estaba colocada la esfera del reloj (Orellana González 2000, 120).
- 1969. En el marco de la profunda restauración realizada en San Dionisio, dirigida por D. Rafael Manzano, que eliminó la decoración barroca del templo, se descubre y restaura el arco lobulado que da paso a la capilla que constituye el cuerpo inferior de la torre. Las obras de restauración del templo que abarcaron desde 1964 hasta 1976 supusieron también el cegado de la puerta desde la calle y la reapertura del

acceso por la iglesia (Archivo General de la Administración. Cultura. Caja 137. Iglesia de San Dionisio de Jerez de la Frontera. Proyecto de obras de restauración. 1969).

- 1979. Se declara la torre de la Atalaya Monumento Histórico-Artístico de carácter nacional.
- c.1985. El Ayuntamiento coloca al pie de la torre dos medias mazorcas de cantería para dar solidez a la estructura (Orellana González 2000, 116).

Análisis constructivo

La torre, al igual que los muros de la iglesia en la que se apoya, se construyó con piedra de la cercana sierra de San Cristóbal. Las canteras de las que se extraía este material se sitúan al norte de El Puerto de Santa María, en el antiguo camino a Jerez, en un pequeño promontorio que constituye el límite natural entre estas dos poblaciones. Al parecer, la explotación de las mismas se inició, o al menos se desarrolló de forma notable tras la ocupación cristiana de Jerez y de las localidades del entorno, a partir de 1264 (Rodríguez Estévez 1998a, 49–52).

En concreto, la piedra en cuestión se trata de una arenisca de cemento calcáreo, con unos índices de sílice muy variable, de grano grueso y porosidad uniforme. Sus características lo hacen un material fácil de trabajar, pero poco apropiado, en principio, para una labor refinada con el cincel. Por ello en otros edificios de la ciudad se combina con otros tipos de piedra para las piezas escultóricas o aquellos elementos arquitectónicos que requieren una talla más refinada. Sin embargo, no es este el caso de nuestro edificio en el que se utiliza en exclusiva la piedra de la sierra de San Cristóbal, incluso para aquellas piezas con una decoración más compleja, como ocurre con las ventanas. Los sillares utilizados tienen una altura aproximada de 28 cm y una anchura, menos homogénea, que normalmente se sitúa entre los 25 y los 29 cm. En cuanto a la longitud de las piezas, más variable aún, el valor que más se repite ronda los 75 cm, aunque en algunas piezas alcanzan los 105 cm. En las intervenciones realizadas entre los años 1964 y 1976 se utilizaron en algunas zonas placas de piedra de un espesor mucho menor, lo que nos puede ayudar a identificar las zonas afectadas, como por ejemplo en el arco de acceso a la parte inferior de la torre desde la iglesia.

La fábrica se compone en su mayor parte de sillares dispuestos a soga, combinándose de forma irregular con otros a tizón, y aparentemente su uso es uniforme en toda la construcción de la torre. Sí encontramos diferencias con el muro y los estribos de la iglesia, con idéntico aparejo pero con sillares visiblemente mayores. Aunque no disponemos de datos empíricos, el gran espesor de los muros nos sugiere que el sistema utilizado en la construcción de los mismos sería el de dos hojas de sillería con relleno interior de argamasa o tierra prensada.

La escalera de caracol, de las denominadas de *husillo*, se compone de peldaños de piedra que apoyan unos sobre otros, formándose un vástago central en el eje, y recibiéndose en el paramento cilíndrico que la cierra. Al tener los escalones menor altura que las hiladas de los muros, el encuentro con éste se realiza tallando los sillares para formar el plano de asiento de los escalones, o bien introduciendo pequeñas piezas de piedra o ladrillos.

Si prestamos atención ahora a las bóvedas que cubren los distintos espacios, nos llaman la atención algunas cuestiones un tanto enigmáticas. La del cuerpo inferior, como ya indicamos antes, se trata de una bóveda de crucería simple con nervadura de piedra y plementería de ladrillo. La parte superior de los capiteles, sobre los que arrancan los nervios, se compone de una moldura que se prolonga en los tres paramentos construidos con la torre, interrumpiéndose en el de la iglesia. La clave está formada por un prisma de piedra, sin decoración alguna pero con los ejes marcados en sus caras. En el arranque de los nervios, su primera dovela, de forma parecida, también tiene forma prismática. En la bóveda que cubre la estancia superior, volvemos a encontrarnos con su clave en forma de prisma regular. Sin embargo, en este caso los nervios tienen decoración de dientes de sierra y la parte superior de los capiteles no se prolonga en los muros. Por último, el espacio de planta rectangular en el que acaba la escalera, de menores dimensiones, se cubre por una bóveda de arista de ladrillo en cuyos rincones se sitúan unas ménsulas de piedra de volúmenes sencillos sin decoración alguna.

En cuanto a los vanos, se combinan aquellos ciegos, con una función meramente decorativa, situados solamente en el volumen de la torre, con otros abiertos para dar luz y ventilación a los espacios interiores del edificio. En la decoración de los situados en el nivel inferior se repiten los arcos polilobulados con ar-

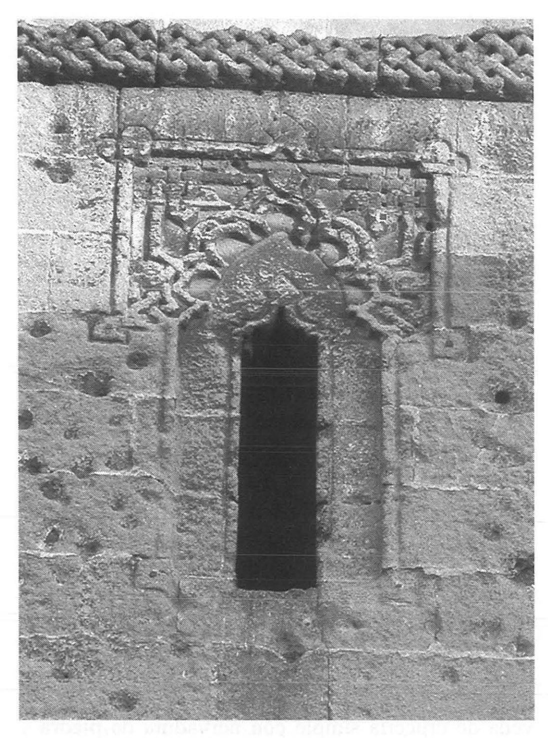


Figura 6
Ventana del cuerpo inferior. Fachada norte

quillos entrelazados y decoración de lacería de mayor o menor complejidad. Se trata de un lenguaje ornamental con predomino de la geometría en el que encontramos en algún caso elementos vegetales, y aunque los paramentos exteriores se encuentran muy erosionados, en la ventana más alta del primer cuerpo de la fachada norte de la torre (figura 6), se pueden apreciar, no sin dificultad, pequeñas piezas de azulejo o vidrio verde dispuestas en algunos puntos entre la lacería, haciéndonos pensar que esta técnica pudiera haberse utilizado en el resto de los huecos.

Son muchas las similitudes observadas entre las ventanas descritas y las de otros edificios. Así, García Peña (1990, 382), destaca la relación con las ventanas del ábside de las parroquias del Divino Salvador de Vejer de la Frontera y San Lucas de Jerez. Pavón Maldonado (1981, 18) señala la conexión con la fachada del palacio de Tordesillas o la Puerta del Perdón de la mezquita de Córdoba. Es en esta ciudad donde podemos encontrar algunos ejemplos en los que son notables las coincidencias formales con el caso que nos ocupa, así ocurre, por ejemplo, en algunas ventanas conservadas en el Museo Arqueológico Provincial (Jordano Barbudo 1996, 250–251). Lo cual puede reforzar la idea según la cual el foco cordobés habría ejercido una influencia notable en la arquitectura gótico-mudéjar de jerezana (López Vargas-Machuca 1998, 950).

En lo que se refiere a los huecos del cuerpo superior de torre, Diego Angulo Iñiguez (1932, 20) ya los relacionó en su momento con la portada principal de la parroquia de Nuestra Señora de la O de Sanlúcar de Barrameda, construida según él a mediados del s. XV.[2] Más adelante, García Peña (1990, 1: 379) cita la similitud de estos huecos con la decoración de la sillería del coro de la catedral de Sevilla, finalizada en 1478 por Nufro Sánchez.[3] En ambos casos las semejanzas con las ventanas de la torre son notables,

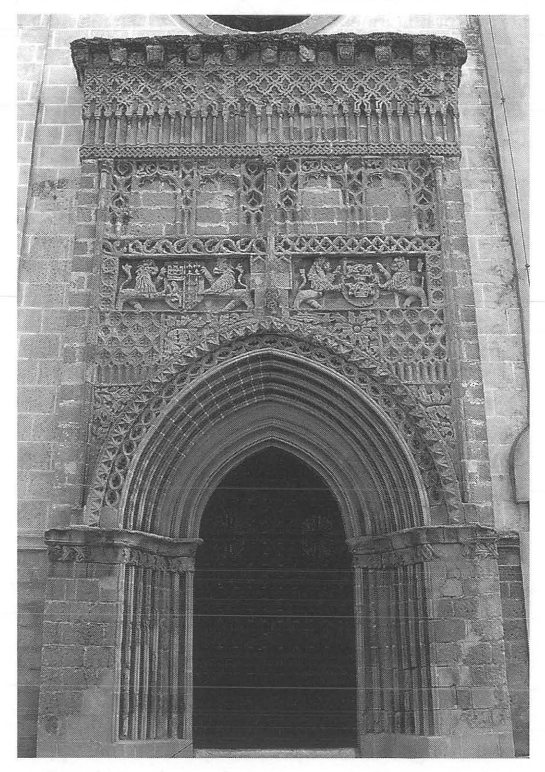


Figura 7
Portada de la parroquia de Ntra. Sra. de la O de Sanlúcar de Barrameda

sobre todo en la portada sanluqueña, en la que, al igual que en nuestro edificio, se combinan elementos formales mudéjares con arcos conopiales. Como se ha mencionado antes, la ejecución de estos huecos en un estilo gótico más evolucionado ha sido la razón por la que se ha retrasado la datación de estos vanos (o del cuerpo superior completo) respecto a la construcción de la torre, documentada con precisión entre los años 1447 y 1449.

El edificio como documento

El análisis de las huellas conservadas en el edificio, no sólo de las posibles intervenciones, sino también del propio proceso constructivo empleado, constituye un método de trabajo que, en nuestra opinión, puede ayudarnos a conocer mejor este singular edificio y repasar su historia.

El lugar elegido para la instalación del reloj de la ciudad fue la actual plaza de Plateros, junto a la parroquia de San Dionisio, en un entorno urbano de gran importancia. De hecho, el Cabildo se reunía en una capilla de esta iglesia antes de la construcción de las casas consistoriales. En concreto, la torre se sitúa en el espacio existente entre dos contrafuertes del ábside lateral aprovechados para la nueva construcción.

En el interior de la estancia inferior de la torre es evidente el adosamiento de los muros de ésta y los estribos de la iglesia, ya que las dimensiones de los sillares son distintas, y por lo tanto las hiladas no coinciden. Salvo una zona a media altura en la que cuatro hiladas de los muros de la torre se introducen en los estribos, no se aprecia trabazón entre los dos elementos. En el muro oriental de la torre se advierte que el contrafuerte alcanza la hilada anterior a la moldura de la bóveda, mientras que en el lado opuesto continúa hasta la parte superior de la bóveda. En este muro, la presencia del estribo afectó al trazado del pasillo que desde la escalera da paso al hueco que se asoma a la torre, por encima de la moldura. En dicho pasillo se puede constatar que la anchura del contrafuerte embebido en el muro es de 84 cm. Otra operación efectuada en la iglesia como consecuencia de la construcción de la torre fue la apertura de un arco para el acceso desde la iglesia a esta estancia, para lo cual fue necesaria la rotura de una moldura que recorrería los muros exteriores. Siendo la torre un edificio civil, llama la atención que el acceso a este espacio, necesario para el mantenimiento del reloj, se abriera desde la iglesia. Recordemos que las cadenas del reloj dificultarían, con toda probabilidad, cualquier otro uso. Es probable que en aquel momento se abriera también la puerta de acceso desde la iglesia a la escalera de caracol, aunque se cegara con posterioridad; en plano de estado actual del proyecto redactado por Rafael Manzano ésta aparece cegada y abierta la de la calle (figura 2). En este mismo plano aparece el arco de acceso a la parte inferior de la torre con la modificación sufrida en la reforma barroca de la iglesia. Durante las obras de restauración se abrió y recuperó el arco original; seguramente por el mal estado que debía presentar fueron reconstruidos numerosos elementos, como los arquillos entrelazados o el aplacado de piedra de las jambas.

En relación al cuerpo superior se puede afirmar que la ventana que da a la plaza se trata del hueco original cegado para instalar una esfera de piedra para el reloj, que podría ser la que aparece en la fotografía de 1908 (figura 8). La reapertura en el siglo XX de este hueco supuso la reposición de algunos sillares y la reconstrucción de al menos uno de los fustes de las columnillas, pero no hizo necesaria la reconstrucción del arco.[4] En cuanto a la ventana ciega del muro contiguo, es difícil pensar que fuese tallado en el muro años después de haberse construido la torre, ya que en el arco se distingue su despiece en distintas dovelas. Y por supuesto, como se puede apreciar por el interior, no se trata de un vano cegado con posterioridad.[5]

Aunque las bóvedas han debido sufrir alguna intervención, que entre otras cosas cegara los huecos para el paso de las cadenas del reloj, el alcance de las mismas no está documentado. En todo caso estas actuaciones se debieron limitar a la plementería, siendo las claves de las bóvedas de crucería las originales, en las que el volumen capaz de la pieza se hubiera dejado sin tallar.

En la zona superior de la escalera, una vez alcanzada la cota de la estancia del reloj y durante las tres hiladas siguientes, parece continuar el desarrollo circular de la misma. Las hiladas por encima de este punto los muros adoptan la planta cuadrada. Este cambio, que coincide con la hilada de la moldura exterior y con la parte inferior de las ventanas de arcos conopiales, refleja un cambio de idea durante el proceso constructivo, ya que parece que la intención inicial fuera la de continuar la escalera tal y como se había construido hasta aquel momento.



Figura 8
Imagen antigua de la torre. c.1908. (Romero de Torres 1934)

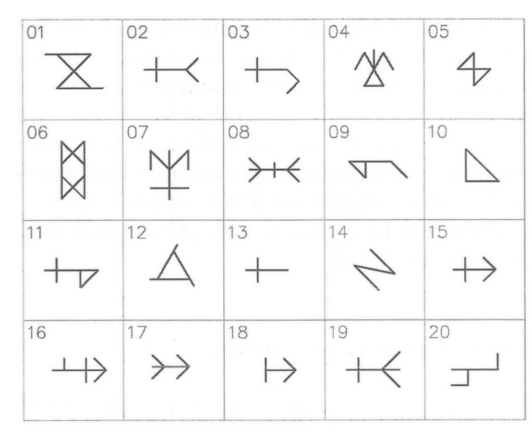


Figura 9
Marcas de cantero localizadas en la fábrica

Una cuestión interesante es la presencia en el edificio de numerosas marcas de cantero en los distintos espacios de la torre. Todo parece indicar que estas señales fueron realizadas en la piedra por quienes manipulaban los materiales y se pueden localizar en muchos otros edificios del entorno tal y como han documentado Jácome González y Antón Portillo (2007) en la iglesia de San Juan de los Caballeros y la torre campanario de la catedral de Jerez, o el profesor Rodríguez Estévez (1998b, 258–265) en la catedral de Sevilla. La repetición de muchas de estas marcas en toda la extensión del edificio y su presencia en lugares difícilmente accesibles parece indicar que corresponden al momento de la construcción de la torre. Se ha realizado un registro sistemático de estos signos y se han localizado en los sillares de los muros interiores de la escalera y de todas las estancias de la torre. Si existieron marcas en los muros exteriores no han llegado hasta nuestros días, lo que puede deberse fácilmente al importante deterioro de la piedra en este lugar.

Aunque se debe realizar un estudio más detallado de estas marcas se puede deducir, por ejemplo, que estas fueron realizadas por los trabajadores que tallaban los sillares en la obra y no por los que extraían la piedra de la cantera, ya que se encuentran marcas en piezas cuya forma final se le daba en la obra, como las de los muros curvos de la escalera de caracol. Se han identificado una veintena de marcas distintas, la mayoría de las cuales se repiten un número considerable de veces (figura 9). Atendiendo a la localización de las marcas no se pueden identificar zonas diferenciadas ya que los modelos se repiten en distintas zonas con bastante homogeneidad. En la figura 10, por ejemplo, se muestra un alzado interior de la escalera donde se indica la posición de las distintas marcas, destacándose en negro aquellas identificadas con el modelo 04.

Conclusiones

Aún teniendo en cuenta que todo lo expuesto forma parte de un proceso abierto en el que es necesaria aún una labor más detenida en algunos aspectos, se pueden extraer algunas conclusiones. Por un lado, la construcción de la torre de la Atalaya para la colocación en ella del reloj, forma parte de una única empresa constructiva, y se descarta la existencia de dos

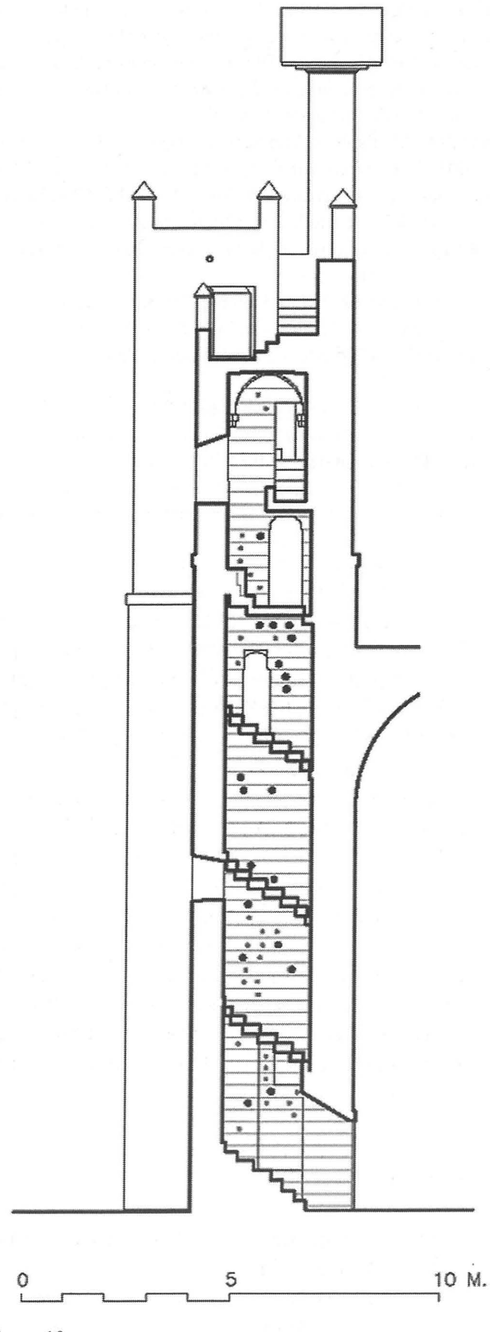


Figura 10
Alzado interior de los paramentos de la escalera con ubicación de las marcas de cantero. Sector este. (Dibujo del autor)

fases diferentes alejadas en el tiempo, en concreto, la hipótesis de que los huecos del cuerpo superior fuesen realizados años más tarde. Por otro, la convivencia aquí de recursos formales provenientes de la tradición islámica con otros góticos no se trata de un caso aislado en este entorno geográfico y temporal, en el que posiblemente la obra de la catedral de Sevilla no pudo dejar de influir en un ámbito constructivo local ligado a la tradición mudéjar. Además, se evidencia que es necesario un estudio que de forma global profundice en el conocimiento de la arquitectura gótico-mudéjar jerezana.

Notas

1. Nos referimos aquí a las naves de la iglesia ya que la obra de la cabecera se llevó a cabo en los inicios del siglo XVI.
2. Más tarde Hipólito Sancho (1943) identificó la ejecución de los cuatro arcos conopiales de la portada como una fase constructiva posterior al resto de la fachada, situándola a finales del XV y principios del XVI. (Citado por Romero Bejarano 2008, 108).
3. Aunque ésta es la fecha de finalización del coro, el contrato para la realización del mismo lo firmó su padre Bartolomé Sánchez, quien comenzó la obra, con el Mayordomo de la Catedral Juan Martínez de Vitoria, muerto en 1433 (Álvarez Márquez 2008, 14).
4. Mediante la rectificación de la fotografía antigua y la superposición con el alzado de la torre se ha podido comprobar como la esfera del reloj se sitúa por debajo del arco.
5. La presencia en esta zona de marcas de cantero, que se repiten en otras partes del edificio, corrobora lo planteado.

Lista de referencias

Álvarez Márquez, Carmen. 2008. «Juan Martínez de Vitoria, mayordomo de la Iglesia Catedral de Sevilla (1409–1433): Alma Máter del edificio gótico». En *Magna Hispalenses: los primeros años.* Sevilla: Talle Dereçeo. 7–34.

Angulo Íñiguez, Diego. 1932. *Arquitectura mudéjar sevillana de los siglos XIII, XIV y XV.* Sevilla: Universidad de Sevilla.

Aroca Vicenti, Fernando. 2002. *Arquitectura y urbanismo en el Jerez del XVIII.* Jerez: Centro Universitario de Estudios Sociales.

Esteve Guerrero, Manuel. 1953. *Jerez de la Frontera. Guía oficial de arte.* Jerez: Jerez Gráfico

García Peña, Carlos. 1990. *Arquitectura gótica religiosa en la provincia de Cádiz. Diócesis de Jerez.* Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
Gutiérrez, Bartolomé. 1886. *Historia del estado presente y antiguo de la mui noble y mui leal ciudad de Xerez de la Frontera.* Jerez
Jácome González, José y Antón Portillo, Jesús. 2007. «La capilla "de la Jura", de San Juan de los Caballeros, de Jerez de la Frontera: Entre la épica y la realidad histórica». En *Revista de Historia de Jerez,* 13: 183–212.
Jordano Barbudo, Mª Ángeles. 1996. *Arquitectura medieval cristiana en Córdoba: Desde la Reconquista al inicio del Renacimiento.*
López Vargas-Machuca, Fernando. 1998. «En torno a la arquitectura gótica andaluza en el siglo XIII: El caso de Jerez de la Frontera. Sevilla 1248». En *Congreso Internacional Conmemorativo del 750 aniversario de la conquista de la ciudad de Sevilla por Fernando III, Rey de Castilla y León.* Sevilla: Ayuntamiento de Sevilla.
López Vargas-Machuca, Fernando. 1999. «En torno a la cronología del templo de San Dionisio de Jerez de la Frontera». En *Archivo Español de Arte,* 287: 345–349.
Muñoz y Gómez, Agustín. 1889. *Historiógrafos y antigüedades de Jerez de la Frontera.* Jerez
Orellana González, Cristóbal. 2000. «Notas para un proyecto de recuperación y promoción cultural de la torre mudéjar llamada del Reloj (Jerez 1447)». *Revista de Historia de Jerez,* 6: 115–127.
Pavón Maldonado, Basilio. 1981. *Jerez de la Frontera: ciudad medieval. Arte islámico y mudéjar.* Madrid.
Pemán y Pemartín, César. 1953. «Sobre la torre de San Dionisio de Jerez». *Boletín de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando,* 1: 88–90.
Pomar Rodil, Pablo y Mariscal Rodríguez, Miguel Ángel. 2004. *Jerez. Guía artística y monumental.* Madrid: Silex.
Ríos Martínez, Esperanza de los. 1999. «La Historia del Arte en Jerez desde la Edad Media hasta el siglo XVII». En *Historia de Jerez de la Frontera. Tomo 3. El Arte en Jerez.* 15–104.
Rodríguez Estévez, Juan Clemente. 1998a. *Cantera y obra. Las canteras de la Sierra de San Cristóbal y la Catedral de Sevilla.* El Puerto de Santa María: Ayuntamiento de El Puerto de Santa María.
Rodríguez Estévez, Juan Clemente. 1998b. *Los canteros de la Catedral de Sevilla. Del Gótico al Renacimiento.* Sevilla: Diputación de Sevilla
Romero Bejarano, Manuel. 2008. *«Santas cosas son llamadas los muros». La arquitectura militar en Jerez durante el siglo XVI.* Jerez: Servicios de publicaciones del Ayuntamiento de Jerez
Romero de Torres, Enrique. 1934. *Catálogo Monumental de España. Provincia de Cádiz (1908–1909).* Madrid: Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes.
Sancho de Sopranis, Hipólito. 1943. «Un monumento mudéjar poco conocido de la Baja Andalucía: Santa María de la O de Sanlúcar de Barrameda». *Mauritania,* 184: 75–79.

Consideraciones sobre la geometría y el trazado de las bóvedas de la Sala de Contratación de la Lonja de Valencia

Federico Iborra Bernad

El 5 de febrero de 1483 se colocaba la primera piedra para la construcción de la Lonja de Valencia, el edificio que debería representar los ideales de la próspera burguesía mercantil valenciana en un momento de incertidumbre sobre el futuro del comercio en todo el Mediterráneo.

Como suele ocurrir en gran parte de la arquitectura tardogótica, el mero análisis formal o compositivo es insuficiente para valorar la obra en toda su complejidad. Esto es patente, sobre todo, con las bóvedas de la Sala de Contratación (1483–1498) Nos encontramos ante uno de los primeros ejemplos de rampante redondo, con un perfil muy pronunciado que a simple vista se aproxima a una bóveda baída. Sin embargo, tras esta apariencia casi esférica se esconde una geometría muy particular de la que nadie parece haberse ocupado en detalle hasta la fecha.

Las bóvedas de las lonjas de Palma y de Valencia

El gran espacio de la Sala de Contratación de la Lonja de Valencia está formado por quince bóvedas de crucería de 7,1 × 7,1 metros, apoyadas sobre ocho columnas entorchadas centrales. A diferencia del caso de la Lonja de Palma de Mallorca, las bóvedas no arrancan desde los muros, sino que apoyan en semicolumnas que emergen del muro, permitiendo reducir su espesor considerablemente con respecto al precedente mallorquín.

Otra cosa que las diferencia es la forma y composición de las bóvedas. En la primera, Guillem Sagrera resolvió la cubrición con doce módulos de crucería simple, mientras que para la segunda Pere Compte desarrollará un esquema novedoso incorporando terceletes formando losanges, que aparentemente multiplican el total de bóvedas (figura 1). Constructivamente nos encontramos también ante una estructura de gran originalidad, que probablemente no tenga paralelo en la arquitectura hispánica, lo que nos hace plantearnos además algunas cuestiones sobre su origen a nivel de proyecto y su escasa repercusión posterior.

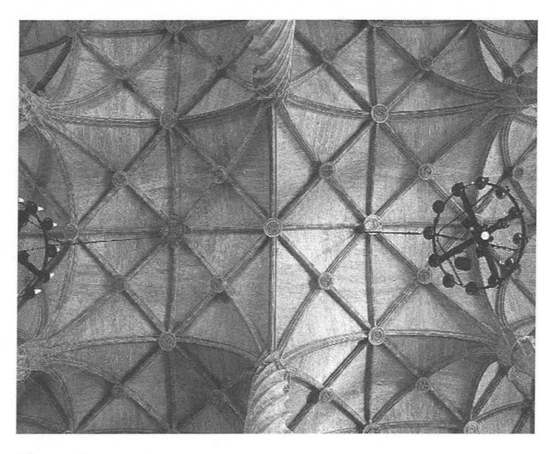


Figura 1
Bóvedas de la Sala de Contratación de la Lonja de Valencia

Tanto en Palma como en Valencia podemos rastrear una referencia a los modelos de *hallenkirchen* germánicas, que se estaban desarrollando desde principios del siglo XV. Pero en los dos ejemplos hispánicos citados parece haber una involución al adoptar crucerías frente a las bóvedas estrelladas alemanas, que nacen como hojas de palmera de los esbeltos fustes de las columnas. Acaso influyera de alguna manera la experiencia de la llamada Casa de las Atarazanas, un edificio con una sala hipóstila similar, aunque de dimensiones más modestas, destinado a la recepción de visitantes ilustres llegados por mar, que fue construido junto al puerto de Valencia por el maestro Joan del Poyo entre 1416 y 1420 (Iborra y Miquel 2007). De la documentación de obra se puede deducir la existencia de doce bóvedas de crucería estrelladas en la sala, con cinco claves cada una y construidas enteramente en ladrillo. La obra no debió resultar completamente satisfactoria, documentándose desprendimientos de ladrillos ya en 1421, mientras que a finales de siglo estaba siendo usado como almacén de armamento.

Acaso parte del problema se debiera al empleo de la económica y novedosa técnica de la bóveda tabicada, desarrollada en Valencia a finales del siglo anterior (Gómez-Ferrer 2003) que podría presentar problemas para bóvedas con una geometría de escasa curvatura, que el espesor del acabado a rosca sí permitía absorber.[1] Sea como fuere, prácticamente todas las bóvedas estrelladas posteriores en tierras hispanas se realizarán con el comprobado método de tradición inglesa, manteniendo los cruceros y formeros y utilizando los terceletes como elemento decorativo o de compartimentación (Zaragozá 2000; Navarro 2006).

A la hora de proyectar la Lonja de Palma, Guillem Sagrera podría haber optado por el uso de bóvedas estrelladas de tipo germánico, pero renunció a ello. Pudo influir la experiencia de la Casa de las Atarazanas o también la actitud conservadora, a nivel arquitectónico, que ha caracterizado durante siglos a los territorios insulares. Sea como fuere, finalmente Sagrera adoptó una solución con crucerías simples, suficientemente avalada por la tradición de las salas capitulares de conventos y monasterios.

Lo que planteará Pere Compte en Valencia guarda bastante relación formal, aunque debería entenderse quizá como un hábil compromiso entre la obra sagreriana y un frustrado intento de realizar bóvedas estrelladas de tipo germánico, lo cual explicaría además el poco éxito de su diseño en la arquitectura posterior. Es significativo, por ejemplo, que en ámbito valenciano sólo se repetirán en el crucero de la catedral de Orihuela, utilizadas allí de forma casi irónica para mantener la continuidad de las naves primitivas, tras haber suprimido dos de los pilares principales.

Para poder comprender mejor las intenciones del maestro valenciano, vamos a plantear como hipótesis de trabajo que se habría proyectado inicialmente una cubrición con bóvedas estrelladas de tipo germánico, que deberían abrirse como hojas de palmera. Más que estrellas de ocho puntas podrían ser de cuatro, seguramente aprovechando el espacio central para introducir un pequeño rombo o losange que permitiría pintar el escudo de la ciudad o al menos evocarlo.[2] Cada una de las puntas u «hojas» carecería del apoyo en cruceros o formeros, tan habitual en ámbito hispánico, y se desarrollaría entre dos terceletes, con curvatura en un solo sentido. Pero la idea de «modernizar» el esquema introduciendo un rampante redondo llevaría a modificar esta solución, como veremos.

La bóveda de la capilla de la Lonja y Juan de Guas

Antes de entrar en el problema de las bóvedas de la Sala de Contratación, conviene hacer unas consideraciones sobre la que se construyó en la capilla. Cronológicamente fue la primera que levantó y en ella Pere Compte pudo experimentar algunas de las soluciones que pensaba emplear posteriormente.

La capilla de la Lonja se cubre con una bóveda estrellada de ocho puntas y perfil muy rebajado, conformada por arcos carpanel que se entrecruzan en el espacio. Formalmente guarda algunas semejanzas con las que por las mismas fechas estaba construyendo Juan de Guas en Ávila y Segovia, aunque aquéllas son rampantes redondos más convencionales.[3] La similitud es bastante sospechosa y acaso quedaría confirmada la presencia del maestro castellano en Valencia por un pago con motivo de las obras de la capilla de la Lonja en mayo de 1484. Por la sustanciosa cuantía del pago, de 15 libras, se ha considerado el posible papel de Guas como asesor (Zaragozá y Gómez-Ferrer 2007, 84). Más allá de este documento sólo podemos hacer suposiciones sobre la existencia de un problema más o menos que pudo motivar la

colaboración del maestro castellano, para lo que deberíamos analizar las particularidades de esta estructura.

En primer lugar, se trata de una bóveda bastante rebajada, como hemos comentado. Presenta un diseño con abundantes nervios, que recuerda al mucho más atrevido trazado del coro de Santa María de Morella (c. 1426). A diferencia de aquél, la bóveda de Valencia es «moderna» pues presenta ya un rampante redondo[4] bien definido, innovación formal y estructural que habían desarrollado de forma paralela Guas y Compte en obras algo anteriores, por lo que tampoco ahí residía el problema. Los arcos rebajados son óvalos, no demasiado habituales hasta entonces en Castilla pero utilizados ya por Antoni Dalmau en el Real Monasterio de la Trinidad de Valencia varias décadas antes (Zaragozá 2000)[5] mientras que el despiece por doble arista de la plementería tampoco sería muy común en ámbito castellano, salvo algunas pocas obras de Juan de Guas y Simón de Colonia (Gómez 1998, 158) y tendría seguramente su inspiración en las grandes salas capitulares con bóvedas estrelladas levantadas en los siglos XIV y XV. Cabría destacar como referente más directo la capilla del Palacio Episcopal de Tortosa, de mediados del XIV, donde se desarrolla además un prematuro ejemplo de rampante redondo. Aquí la plementería presenta todavía una disposición más fragmentada y anárquica que en la Lonja de Valencia, aunque destacan por su limpieza los pequeños paños de las trirradiales, resueltos elegantemente con piezas monolíticas (figura 2). También son monolíticas, aunque no todas, las dovelas que conforman los brazos de la estrella.

Por tanto, lo que resulta verdaderamente singular en nuestra bóveda de la Lonja es el despiece de la plementería en grandes dovelas monolíticas, que se repetirán en la Sala de Contratación alcanzando longitudes de hasta un metro y medio, con un espesor de poco más de 20 centímetros.[6] Una pista sobre la ejecución de este tipo de plementería nos la ofrece Gelabert en su tratado *De l'art de picapedrer* y exigía que las medidas necesarias para labrar cada pieza se tomaran directamente sobre la obra que se iba ejecutando (Zaragozá y Gómez-Ferrer 2007, 110). Esto explicaría la perfección de las trirradiales de Tortosa, que se labraron al principio, y la anarquía reinante en el cierre definitivo de la bóveda, cuando se llega al rampante redondo. ¡Y ahora Pere Compte pretendía cubrir con este método una sala columnaria de 21,4 × 35,6 metros! Evidentemente confiaba en amortizar el trazado por la doble simetría de cada bóveda y su repetición a lo largo de los quince tramos iguales, pero aun así, la solución resultaba enormemente costosa desde el punto de vista económico.



Figura 2
Detalle de la bóveda trirradial en la capilla del Palacio Episcopal de Tortosa

Como todo maestro sensato, Pere Compte aprovecharía la ejecución de la bóveda de la capilla para ensayar, en un ámbito mucho más controlable, lo que pretendía hacer en la Sala de Contratación. Pero ¿cual fue el papel de Juan de Guas en todo esto? Acaso fuera llamado como consultor externo para intentar resolver el problema de una forma más racional. Del encuentro entre los dos maestros debieron surgir dos interesantes aportaciones. La primera sería un sistema simplificado para proyectar geométricamente una superficie reglada mediante franjas paralelas en planta, que ofrecerá una rigurosidad no presente en el método de Gelabert. Una evolución de este sistema permitirá además trazar piezas con doble curvatura, conformando un *engauchido* o alabeado (Calvo 2002) algo impensable hasta entonces y que será decisivo a la hora de definir rampantes redondos pronunciados. Paradójicamente, en la Lonja se evitará recurrir al *engauchido*, aunque aparece en obras posteriores y sobre todo en la documentación relativa a las escaleras[7] pasando después a Francia, como ve-

remos. La segunda aportación debió consistir en una modificación del trazado de las bóvedas de la Sala de Contratación.

Pere Compte y las bóvedas de la Sala de Contratación de la Lonja

Llegamos ya a las bóvedas de la Sala de Contratación.[3] Como se ha adelantado, a pesar de que desde abajo puedan parecer baídas o esféricas, su geometría de base es más bien la de una bóveda esquifada girada a 45°. Esto es perfectamente visible en el extradós (figura 3) y se puede intuir también al comprobar la planeidad de los terceletes. Existe en ellos una ligera curvatura, que es lo que realmente contribuye a redondearlas un poco más, formando realmente cuatro sectores de toro geométrico. Pero, como veremos, esta curvatura parece ser fruto de una modificación del proyecto.

Se ha comentado que probablemente el diseño inicial de la Lonja estuviera basado en una trama reticulada de estrellas de cuatro puntas sin formeros ni cruceros, según un modelo germánico. La voluntad de introducir un rampante redondo habría obligado a mantener los formeros, que deben servir de apoyos, trazando las puntas de la estrella a 30° en lugar de 45° para mantener una partición homogénea. Así hará Guas en el claustro de San Juan de los Reyes por las mismas fechas (c. 1496) resolviendo todo el conjunto con grandes dovelas que prácticamente funcionan como dinteles planos.[9] Unas bóvedas planteadas así en la Lonja tendrían menor altura que las ejecutadas, porque se trazarían forzando el medio punto en los nervios. Pues bien, en los muros perimetrales se puede observar, sobre el friso, una hilada de sillares de mayor altura, que acaso correspondería a una moldura o friso no ejecutado, previsto para marcar la línea de impostas de estas bóvedas estrelladas. Otra pista sobre el proyecto no realizado sería el propio diseño del pavimento, donde los rombos o losanges remarcados no responden al trazado habitual a partir de la plantilla de cuadrados girados 45°, sino que son un poco menores, como los que se obtienen al trazar una bóveda como la del monasterio castellano.[10]

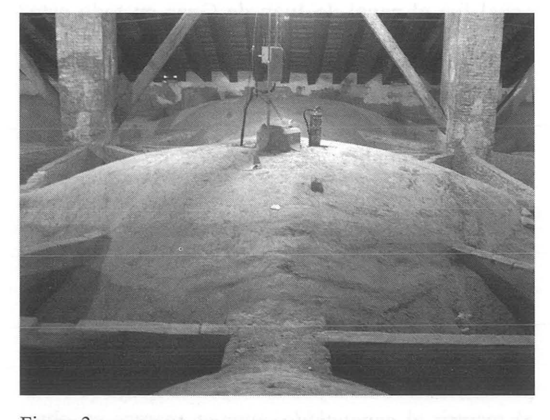


Figura 3
Extradós de las bóvedas de la Sala de Contratación, con su geometría prácticamente esquifada

Todo indica, por tanto, que el proyecto más o menos definido tras la experiencia de la capilla se habría modificado cuando los muros perimetrales ya estaban completamente levantados.[11] ¿Por qué? El diseño de las estrellas a 30°, añadiendo los formeros, se explica sólo por el deseo de la incorporación del rampante redondo al motivo germánico de la red de estrellas. Sin embargo presentaba el inconveniente de forzar a que partieran doce nervios de cada columna en lugar de ocho. Esto no es sólo una cuestión aritmética, sino que implica aumentar el diámetro de las columnas para que el arranque se resuelva de forma natural. Habría que añadir también el problema de la colocación de pilares para un piso superior apoyados en el centro de las bóvedas —como de deduce de las basas que se pueden todavía contemplar- y que, con este esquema inicial, apoyarían en la propia plementería o, en el mejor de los casos, sobre las ligaduras de los terceletes.

Ante esta situación, Pere Compte sería capaz de plantear magistralmente una alternativa muy ingeniosa que permitiría mantener ocho nervios en el arranque, conservar la simbología del rombo o losange, en una arquitectura parlante que evocaba el escudo municipal y, además de todo esto, seguir trabajando con bóvedas «modernas» de rampante redondo y con varias claves. Aparentemente, cada una de las bóvedas de la Sala de Contratación se nos muestra como grupos de cuatro de bóvedas de crucería simples, por la adición de nervios rampantes y cuatro ligaduras o terceletes uniendo sus extremos. Tanto Javier Gómez Martínez (1998, 86) como posteriormente Juan Carlos Navarro Fajardo (2006, 66) han puesto de manifiesto el interés formal de la falsa multiplicación de bóvedas, estableciendo relaciones con operaciones

similares en los cimborrios de la iglesia de Santa María de Tréveris (c. 1230) o de la catedral de Lincoln (1307–1311), así como en la sacristía de la catedral de Praga (1362). Pero, más allá del planteamiento de base, la Lonja de Valencia nunca llega a copiarlos directamente, puesto que en ellos se presentan siempre dos arcos en cada uno de los lados de la base y lo único que se elimina es el apoyo del pilar central.[12] En todo caso, esto no impide reconocer en Pere Compte una gran cultura arquitectónica y técnica, como demuestra al reinterpretar el singular sistema estructural de la capilla de San Wenceslao en la referida catedral de Praga (1358–1366) para el crucero de la catedral de Orihuela o la capilla del Rosario de la catedral de Tortosa.[13]

Respecto a los otros posibles referentes, existe un curioso paralelo entre la obra Valenciana y el cimborrio de Lincoln, no tanto por la repetición aparente del mismo motivo, sino porque en la obra inglesa va a aparecer un juego de nervios totalmente planos formando un cuadrado girado. En el caso inglés, es el resultado directo de unir los rampantes de cuatro pequeñas bóvedas estrelladas. Es posible que Pere Compte conociera la catedral de Lincoln, una de las más importantes de Inglaterra y cuyo cimborrio, rematado por una aguja de madera, superaba los 150 metros de altura. En todo caso, las bóvedas de Valencia también se pueden derivar conceptualmente de las estrellas de cuatro puntas antes mencionadas, por lo que no sería imprescindible la conexión inglesa.[14]

Curiosamente, para trazar bien las bóvedas de la Lonja de Valencia hay que girar la planta 45º. Así se hace en un dibujo realizado por el arquitecto académico Antonio Rubio con motivo del concurso general de 1807 (figura 4) aunque desconocemos si se debió a una intuición del joven alumno de San Carlos o, más probablemente, a la recuperación de alguna tradición conservada dentro del viejo gremio de canteros. Resulta además sospechoso que Philibert de l'Orme (figura 6) también gire la planta para trazar una bóveda estrellada, aunque no reproduce el método completo en el dibujo ni lo cuenta en el texto.[15]

Volvamos a la planta girada de nuestra bóveda y proyectémosla en sección-alzado. Lo primero que haríamos ahora sería trazar el crucero, en verdadera magnitud, fácilmente resuelto con un arco de medio punto. En segundo lugar, aprovechando este arco como referencia, proyectaríamos los terceletes horizontales y obtendríamos las claves de los formeros.

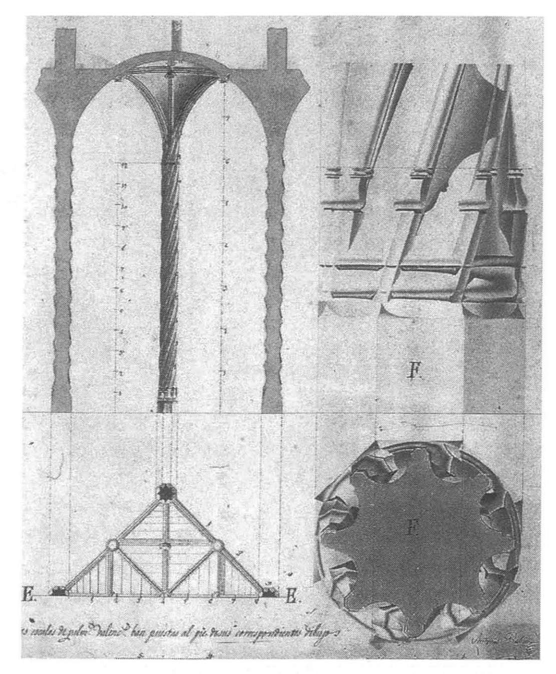


Figura 4
Antonio Rubio (1807) *Salón de la Casa Lonja de la Seda de esta ciudad. Planta y alzado de las partes más notables* (Zaragozá y Gómez-Ferrer 2007, 100)

Por último, se definiría la despiece de la plementería sobre las dovelas del crucero, en verdadera magnitud, quedando también en verdadera magnitud su longitud, proyectada con líneas horizontales paralelas. Con la sección y el alzado podemos definir todas las dovelas monolíticas de la plementería y cerrar una bóveda esquifada perfecta (figura 5). ¿Por qué una bóveda esquifada y no baída? Quizá para reducir los empujes laterales en el formero que provocaría la curvatura de un rampante redondo convencional. De todas formas, siempre se podría forzar una ligera curvatura al labrar la plementería, como ya había hecho en la bóveda gallonada de la torre.

Este sería el planteamiento inicial, de gran simplicidad aparente, pero se introduciría una serie de modificaciones que complicarían la solución ideal. El trazado de los formeros se realizó seguramente de este modo. No sabemos si intencionadamente o por casualidad, tras todas estas proyecciones y abatimientos tenemos que la luz y la flecha del arco se en-

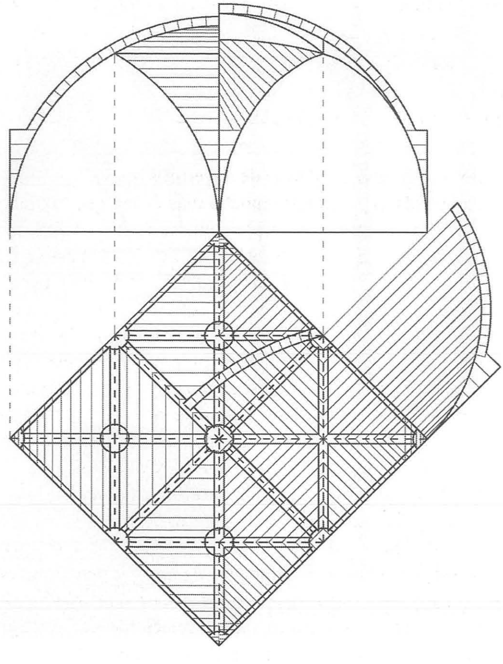


Figura 5
Geometría y trazado de la plementería en las bóvedas de la Sala de Contratación de la Lonja de Valencia. A la izquierda, restitución del diseño ideal teórico. A la derecha, la solución ejecutada

cuentran prácticamente en una proporción áurea. La proyección del crucero en un plano a 45° nos daría un fragmento de elipse, que se podría adaptar a un arco de circunferencia. Sin embargo, se asumió un arco con su centro en la línea de imposta, más elegante quizá al proyectarse sobre los muros, pero con una flecha unos 15 cm mayor de la que vendría dada por el procedimiento riguroso.

Es interesante comprobar que, además del triángulo referido, al tomar la proporción a eje en los pilares, la altura de la línea de imposta en el arranque de los arcos vuelve a definir un rectángulo áureo. Parece que se trata de un feliz hallazgo que no formaba parte del proyecto inicial, porque esta proporción no aparece en los trazados reguladores de la fachada y porque, como hemos comentado, parece que las bóvedas pensadas inicialmente habrían tenido que partir de un poco más arriba, sobre la hilada más alta que marcaría la hipotética imposta original.

La segunda cuestión que debemos abordar es la forma exacta del crucero. No es totalmente cierto que se trata de un arco de medio punto, sino que su geometría se eleva unos 30 centímetros y se aproxima más bien a una elipse, simplificada en arcos de círculo. También sobrepasa el nivel marcado por las molduras de la fachada, lo que parece corroborar una modificación no prevista. Este peralte se hizo coincidir con una relación altura/anchura de 3 a 4 en el plano del formero, que define perfectamente la curvatura del rampante. La explicación de esta complicación aparentemente inútil la encontramos un poco más abajo, concretamente en los terceletes, que ahora no serán completamente planos, como decíamos en el modelo ideal, sino que presentarán una leve curvatura. Seguramente se decidió forzar esta curvatura para evitar el desagradable efecto de descuelgue que es habitual en los nervios rampantes, totalmente horizontales. En el caso de Lincoln no existe el problema, porque hay varios terceletes intermedios que sirven de apoyo al nervio horizontal. Además, se aprovecharía la situación para aumentar un poco el rampante, que podría no percibirse bien dada la altura y estrechez del edificio.

Continuando con cuestiones de trazado, hemos podido comprobar que el crucero no se concibió directamente a partir de una elipse, sino por un método alternativo. La pista era que las claves secundarias quedan unos 5–7 centímetros más altas de lo que debieran, un error demasiado grande para pensar en un fallo de ejecución. Hemos obtenido un resultado satisfactorio tomando el arranque con la curvatura del nuevo formero ya rectificado, proyectando a 45° en nuestra sección para toda la altura de los enjarjes y continuado con un arco de círculo tangente que lleva hasta la clave sobreelavada. ¿Por qué obrar así? En primer lugar, estamos rehaciendo de manera inversa la relación entre los arranques que habíamos aplicado en el planteamiento inicial. La diferencia con respecto a la curva de la elipse es mínima, de apenas 5 centímetros en la horizontal, pero supone ser coherente con el método y permite trabajar con cuadrados perfectos en todas las piezas del enjarje. Debe advertirse además que éste tiene una potencia extraordinaria, llegando las hiladas horizontales prácticamente a la mitad de la flecha del arco.[16] Esta misma solución del enjarje elevado aparece ya en la Lonja de Palma, aunque no tan exagerada y, sobre todo, en la *arcada nova* de la catedral de Valencia, comenzada por

Francesc Baldomar en 1460 y continuada por Pere Compte desde 1478 (Zaragozá 2000, 163). La prolongación del enjarje supone disminuir la luz del arco real y, con ello, los empujes, pudiendo reducir el espesor de los muros perimetrales considerablemente, algo importante en ambas salas columnarias y en la última crujía de la catedral, junto a la que se debería levantar una nueva fachada.[17]

Llegamos finalmente a la plementería. Hemos comentado en nuestro procedimiento ideal que se dispondría perpendicular al crucero y en hiladas perfectamente horizontales, que podríamos dibujar en verdadera magnitud tanto en planta como en alzado. Se podría haber introducido aquí una ligera curvatura sobre la base de la bóveda esquifada teórica, creando superficies alabeadas con doble curvatura o *engauchidas*, cuyo trazado revista una mayor complejidad.[18] Una alternativa ingeniosa será la de girar 45º la plementería, con lo cual se evitaba que las piezas queden paralelas a ningún nervio contiguo, lo que evita la necesidad de ajustarse a su curvatura. De hecho, la superficie final ejecutada será prácticamente plana. Además, se reduce ligeramente el tamaño de los dinteles monolíticos y al inclinarlos disminuye la acción del esfuerzo cortante. De lo que no iba a librarse Pere Compte sería de realizar una superficie reglada, ligeramente alabeada, obteniendo longitudes en verdadera magnitud por el mismo método que se usa para trazar un capialzado de San Antonio o una ventana abocinada. Aunque simplificaba la cuestión respecto al *engauchido*, se trataba de un procedimiento mucho más laborioso que la ejecución de una bóveda convencional y, por tanto, no nos debería extrañar que finalmente se renunciara a la realización de una planta superior prevista en el proyecto[19] y del remate de la torre.[20]

EL TRAZADO DE LA PLEMENTERÍA *ENGAUCHIDA* EN EL CÍRCULO DE PERE COMPTE

Se ha comentado que Pere Compte podría haber proyectado una plementería *engauchida* o con piezas alabeadas de doble curvatura, aunque finalmente habría evitado girando las piezas 45º. No se conserva ningún documento proveniente directamente de la escuela valenciana que nos arroje luz sobre el método que se podría haber empleado en la Lonja, pero muy probablemente sería el mismo recogido en el tratado del arquitecto francés Philibert de l'Orme, concretamente en el capítulo VIII del libro IV: *Des voutes modernes, que les maistres maçons ont accoustumé de faire aux eglises, et logis des grands seigneurs*. Así es como nos lo expone después de tratar el trazado de los nervios:

> Pero no quiero olvidarme de advertiros que en esta figura de bóveda hay otra cosa mucho más difícil que la precedente, es la forma de la plementería de sillería estando por debajo los ojivos, terceletes y ligaduras. Ésta se conoce en planta por las líneas paralelas ... así como las veis trazadas perpendicularmente y equidistantemente, hasta la altura de las circunferencias y monteas de las ojivas, ligaduras y otras. Veis además en la planta algunas otras líneas paralelas que van en cuadrado, y la relación que se hace en la figura que hay encima de la montea, donde todas ellas se han marcado con los mismos números, para que las podáis reconocer mejor al relacionarlas con el compás, y tomar las alturas para los *engauchidos* [alabeados] de cada una de las piezas, como se destaca al lado de dicha figura, en más líneas paralelas y rampantes, según las cuales se toma el *engauchido* para tallar las piedras de las plementerías; al estar todo marcado por los mismos números de cifra que se relacionan cada uno en su lugar, tanto en la montea de las ramas de ojivas, y otras, sobre la planta. Me parece que esto es suficiente. Si alguno quisiera saber más para practicar, hará falta que se dirijan a arquitectos o maestros constructores entendidos.[21]

Es significativo que en el dibujo que acompaña al texto (figura 6) sólo se aborda este problema y no las operaciones previas, que van a ser similares a las operadas en la Sala de Contratación de la Lonja, incluyendo el giro a 45º para obtener las alturas de las claves. El método de trazado de la plementería expuesto se centra en uno de los triángulos perimetrales y consiste en crear arcos a partir de tres puntos definidos por la altura de los nervios formero, tercelete y crucero. Realmente sólo se va a ejecutar el tramo comprendido entre los dos primeros, sirviendo el último para marcar la curvatura. La solución no deja de ser ingeniosa pero, auque sea bastante simple desde el punto de vista gráfico, de cara a la ejecución implica trabajar con varios baiveles diferentes. No nos aclara el tratadista francés cómo resolver la punta de la estrella, si debemos tomar nuevamente el tercelete y el formero o dar prioridad a la continuidad entre los dos terceletes.

El empleo de múltiples curvaturas para el trazado de una única bóveda implicaba una complejidad exa-

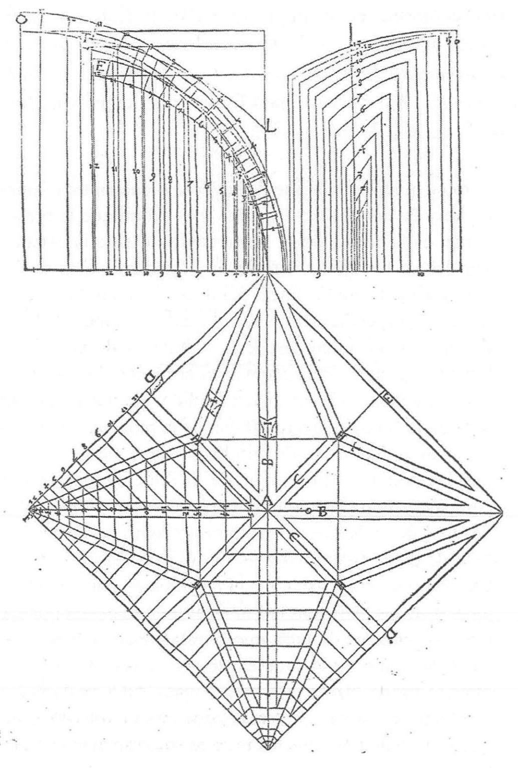


Figura 6
Trazado de la plementería de una «bóveda moderna» según Philibert de l'Orme

gerada, lo que explica el escaso éxito del método en Castilla frente a los sistemas tradicionales, cubriendo a la francesa o a la inglesa. Por ello quizá se desarrollaría una exuberante decoración mediante la multiplicación de terceletes y el uso de combados. Frente a ello, en ámbito valenciano se conservará un particular interés por la estereotomía bien ejecutada, aunque en muchas ocasiones estuviera previsto su recubrimiento con enlucidos o policromía, como es el caso de la propia Lonja.

Vincular a Pere Compte con Philibert de l'Orme no es tan descabellado como pueda parecer en un primer momento, pues ambos muestran inquietudes por problemas muy similares.[22] Posiblemente el nexo de unión sea el maestro francés Benoit Augier, natural de Lyon como el tratadista. Aunque no estuvo presente en la fábrica de la Lonja, Augier trabajó a partir de 1510 en la iglesia de San Pedro de Reus, de factura bastante convencional, reapareciendo unos cuantos años después, construyendo las «modernas» bóvedas de rampante redondo de la iglesia de Santa María de Onteniente entre 1518 y 1530. Parece sensato considerar que antes de 1518 hubiera estado en contacto con los discípulos de Pere Compte y aprendiera nuevos procedimientos. Posteriormente Augier volvería a Francia y, entre 1530 y 1531, levantaría en el ayuntamiento de Toulouse una interesante escalera de caja cerrada, hoy desaparecida, que supuso uno de los mayores logros de la cantería francesa de la época, pero que guarda inquietantes similitudes con las que se estaban construyendo desde finales del XV en ámbito valenciano (Zaragozá 2008, 51–53). Acaso fuera el mismo Augier el autor de la capilla funeraria de Galliot de Genouillac, mariscal de artillería de Francisco I, en la localidad de Assier, cuyas bóvedas aristadas construidas en 1546 son similares a las de la Capilla Real de Valencia, comenzada en 1437.

CONCLUSIÓN

Una vez más se demuestra que la arquitectura histórica es mucho más que luz y espacio y que es imposible hacer una crítica de los edificios del pasado sin pensar en su construcción. La Sala de Contratación de la Lonja de Valencia nos ofrece una magistral lección de estereotomía práctica y, sobre todo, del buen oficio del arquitecto que supo conjugar los aspectos formales con la economía y rapidez de ejecución. Sus falsas bóvedas baídas son una ilusión ingeniosa, pero que anuncia ya el paso de la estética del rampante redondo a la geometría de la esfera.

NOTAS

1. En las *hallenkirchen* las bóvedas se desarrollan sobre los pilares ensanchándose de forma radial, de modo muy parecido a las bóvedas de abanico inglesas. Tendremos, por tanto, ocho fragmentos de medio cañón que parten de un único punto. En esta situación se debe confiar únicamente en la curvatura en un sentido, ya que el reducido espesor del tabicado impide un reparto horizontal de cargas, que sí es posible en un aparejo a rosca.
2. Esta idea de que los rombos de las bóvedas —actuales— de la Lonja evocan el escudo municipal ya fue

planteada recientemente por Salvador Lara (Lara 2006). En nuestra opinión, las bóvedas del proyecto inicial serían similares a las ejecutadas por Juan de Guas en el claustro de San Juan de los Reyes. Su diseño se habría reproducido en el pavimento de la sala, decorado con rombos, cuya dimensión no coincide con la geometría de las bóvedas actuales pero sí con las castellanas. La diferencia radica en que en estas últimas las estrellas se trazaron con una abertura de 30º y no de 45º, que es lo habitual en las bóvedas estrelladas, cuyo diseño suele partir de la plantilla de cuadrados girados. Esta plantilla es la usada para las bóvedas actuales y las de la capilla, además de todos los pináculos, por lo que no se explica de otro modo no haberla usado para definir el pavimento. Una solución parecida, aunque sobre tramos oblongos, se construiría a principios del siglo XVI en la iglesia parroquial de Coves de Vinromá, en la provincia de Castellón (Zaragozá 2000, 185)

3. El diseño de la bóveda estrellada ya había sido utilizado por Guas en capilla del lado del evangelio de la iglesia del monasterio del Parral en Segovia, y realizaría otros muy similares en las iglesias conventuales de la Santa Cruz, en Segovia, y Santo Tomás, en Ávila (Zaragozá y Gómez-Ferrer 2007, 87).
4. El rampante tiene relación con la pendiente del espinazo de la bóveda. Las bóvedas góticas convencionales presentan rampante llano, porque la diferencia de altura entre la clave del crucero y la del formero es muy reducida. El rampante redondo supone aumentar esta distancia y dar un perfil redondeado al espinazo de la bóveda. El caso límite es el de la bóveda baída, que constituye un casquete esférico perfecto (Zaragozá 2000, 172; Palacios 2002, 287).
5. Concretamente nos referimos a la bóveda de la Sala Capitular. Se trata de una bóveda de rampante llano, lo que obliga a que los cruceros partan de un nivel bastante más alto que los formeros, con un resultado extraño.
6. Otra singularidad, aunque menos evidente, sería la solución del apoyo del pavimento superior sobre tabiquillos, que aparece aquí quizá por primera vez en ámbito valenciano, frente al tradicional relleno macizo o aligerado con cántaros y vasijas. Desconocemos su difusión en ámbito castellano.
7. La evolución sería la siguiente. En las obras anteriores a la Lonja aparecen algunas cuidadas plementerías definiendo superficies regladas, seguramente trazadas a pie de obra. Un buen ejemplo son las bóvedas de la iglesia del Real Monasterio de la Trinidad de Valencia, de hacia 1450, donde la ejecución es casi perfecta pero la presencia de hiladas de diferente espesor nos sugiere que la plementería no se ha definido a priori. Algo parecido podría haber ocurrido en el claustro de San Juan de los Reyes (1496). En el caso de la Lonja, el despiece es homogéneo, lo que sugiere que esté trazado en la planta o al menos bien definidas las anchuras de las piezas que, por otra parte, deberían repetirse. Desconocemos si Pere Compte conocía el trazado del *engauchido* en la Lonja porque, como veremos, lo evitará. Sin embargo, sabemos documentalmente que al menos en 1502 el maestro sabía trazar escaleras *engauchidas*, es decir, con doble curvatura variable (Zaragozá y Gómez Ferrer 2007, 148)
8. Para el análisis de las bóvedas se ha trabajado con las alturas de las claves y nervios contiguos, tomadas con un distanciómetro láser. Queda pendiente un levantamiento detallado con aparatos más complejos, aunque las conclusiones serán probablemente las mismas.
9. Si trabajamos con piezas perfectamente horizontales, es decir, cubriendo a la inglesa, tendremos un pequeño giro con respecto a la perpendicular del formero. El desnivel se puede asumir alabeando la superficie, como hace Guas en San Juan de los Reyes, o despreciar forzando un rampante llano, que es la base de una técnica de cantería popular en la región italiana del Salento que ha llegado hasta nuestros días, donde además se suprimen los nervios (Pecoraro 2002)
10. Las líneas que unen los rombos en el pavimento se corresponderían con los nervios rampantes, recomendables para disimular en encuentro entre los planos ligeramente girados de la plementería junto a los formeros, que tendremos si no aplicamos la simplificación de San Juan de los Reyes. Pero en el caso de una sala hipóstila esta simplificación no es tan obvia si se pretende un efecto similar al de las bóvedas de abanico.
11. En noviembre de 1492 se comenzaron a replantear los pilares (Ramírez 2000, 33) y la cuestión debería haber sido zanjada. Una vez más es Juan de Guas quien nos da pistas al imitar la planta de las bóvedas valencianas en el sotacoro de Santo Tomás de Ávila (1482–1493) atribuido a Juan de Guas (Gómez 1998, 86). En nuestra opinión, el diseño de las bóvedas abulenses estaría inspirado en la obra valenciana y no al revés. Se trata más de una cuestión formal que estructural, porque una bóveda rebajada lo único que precisa es la multiplicación de nervios para reducir los paños de plementería. Muestra del contacto entre Guas y Compte y del prestigio de este último es la presencia en la Lonja, desde 1496, de un Dionís Guas que podría ser pariente del maestro castellano (Zaragozá y Gómez-Ferrer 2007, 86).
12. Los dos primeros ejemplos son asimilables conceptualmente a las capillas o salas capitulares con bóvedas octogonales. Respecto a la tercera, la particular solución del pinjante central ya existe en una capilla del claustro del Convento de Santo Domingo de Valencia, seguramente de finales del siglo XIV o de principios del XV.

13. También Guas se inspira en la capilla de San Wenceslao para resolver el cimborrio de la conventual de San Juan de los Reyes, que estaba cerrado en 1486 (Gómez 1998, 72).
14. La geometría esquifada de las bóvedas de la Lonja puede entenderse si tomamos una estrella de cuatro puntas con losange central y abrimos los brazos hasta los 90º, añadiendo después los cruceros para ofrecer un apoyo intermedio a la plementería.
15. El único secreto es que la altura de las claves secundarias no es aleatoria, sino que se obtiene proyectando desde la planta al crucero, como se puede comprobar rehaciendo el gráfico.
16. Lo habitual es concluir el enjarje en el punto en que los nervios empiezan a separarse, siendo hasta entonces piezas únicas. En la Lonja de Valencia un enjarje convencional habría tenido una altura de unos 175 centímetros, pero lo ejecutado asciende otros 70 centímetros.
17. Aplicando la Regla de Blondel a la geometría de los formaletes de la Lonja obtenemos que, frente a un valor unitario del empuje teórico al no considerar enjarjes, tendríamos una reducción hasta el 87% al usar un enjarje convencional y tan sólo un 53% aumentado los enjarjes al modo valenciano.
18. El principal problema es el de usar una curvatura diferente para cada arista. Que se podía hacer era algo que habían demostrado Baldomar en la Capilla Real y el mismo Compte en la bóveda gallonada de la torre de la Lonja. Sin embargo, resultaba tremendamente complejo. Una simplificación es la ejecución de una bóveda baída perfecta, que se puede cubrir por hiladas en rombo y mantiene la misma curvatura en todas las piezas. Sin embargo, el encuentro con los pilares hubiera sido poco satisfactorio.
19. A este respecto hay que decir que las lonjas de Zaragoza, Barcelona y Palma tienen, han tenido o al menos sugieren un piso superior. A los abundantes argumentos esgrimidos a favor de la hipótesis de una sala superior por Salvador Lara (2007, 145) podríamos añadir uno más: la presencia de los elementos que hemos identificado como basas de pilares sobre las claves de las bóvedas. Probablemente esta segunda planta tuviese como objeto servir de local para el Consulado del Mar
20. El remate actual fue realizado entre 1897 y 1900 por el escultor José Aixa, con proyecto del arquitecto Antonio Ferrer. La bóveda baída del piso superior también se ejecutó en esta época (Ramírez 2006, 84–89).
21. Traducción propia.
22. En algunos casos esta relación es bastante sospechosa, por ejemplo entre la cabecera prolongada descrita en el libro IV, capítulo IX y la iglesia del convento del Carmen de Valencia, anterior a 1519 y probablemente trazada por el mismo Pere Compte (Zaragozá y Gómez-Ferrer 2007, 128).

Lista de referencias

Calvo López, José. 2002. «Superficies regladas desarrollables y alabeadas en los manuscritos españoles de cantería». En *IX Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica*. La Coruña: Universidade da Coruña, 337–342.

Frankl, Paul. [1962] 2002. *Arquitectura gótica*. Madrid: Cátedra.

Gómez Martínez, Javier. 1998. *El gótico español de la Edad Moderna. Bóvedas de crucería*. Valladolid: Universidad de Valladolid.

Gómez-Ferrer Lozano, Mercedes. 2003. «Las bóvedas tabicadas en la arquitectura valenciana durante los siglos XIV. XV y XVI». En *Una arquitectura gótica mediterránea*, 2: 127–144.

Iborra Bernad, Federico y Miquel Juan, Matilde. 2007. La Casa de las Atarazanas y Joan del Poyo (I). En *Anuario de Estudios Medievales*, 37: 387–409.

L'Orme, Philibert de. 1567. *Premier Tome de l'Architecture*. París: F. Morel.

Lara Ortega, Salvador. 2007. *Las seis grandes lonjas de la corona de Aragón*. Valencia: General de Ediciones de Arquitectura.

Navarro Fajardo, Juan Carlos. 2006. *Bóvedas de la arquitectura gótica valenciana*. Valencia: Universidad de Valencia.

Palacios Gonzalo, Jose Carlos. 2003. *Trazas y cortes de cantería en el renacimiento español*. Madrid: Munilla-Leria .

Pecoraro, Ilaria. 2003. Las bóvedas estrelladas del Salento. Una arquitectura a caballo entre la Edad Media y la Edad Moderna. En *Una arquitectura gótica mediterránea*, 2: 51–66.

Ramírez Blanco, Manuel. 2000. *La Lonja en el III milenio. Crónicas del pasado*. Valencia: U.P.V. —Forum Unesco.

Ramírez Blanco, Manuel. 2006. *Lonja de Valencia. Lonja de la Humanidad*. Valencia: Ayuntamiento de Valencia.

Zaragozá Catalán, Arturo y Gómez-Ferrer Lozano, Mercedes. 2007. *Pere Compte arquitecto*. Valencia: Generalitat Valenciana.

Zaragozá Catalán, Arturo. 2000. *Arquitectura gótica valenciana*. Valencia: Generalitat Valenciana.

Zaragozá Catalán, Arturo. 2008. *El arte de corte de piedras en la arquitectura valenciana del cuatrocientos: un estado de la cuestión*. Valencia: Real Academia de Bellas Artes de San Carlos.

















Sociedad Española de
Historia de la
Construcción